台灣農業研究

JOURNAL OF TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH

Vol.65 No.4 2016

Research Articles

349 A List of Diaspididae in the Insect Collection of Taiwan Agricultural Research Institute (3): Diaspidinae (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea: Diaspididae)
Shu-Pei Chen, Jen-Yu Wong, and Hsiu-Chih Ku

365 Evaluation of Banana Cultivars Resistance to *Fusarium* Wilt Disease
Cheng-Ping Kuan, Meng-Yi Lin, Min-Tze Wu, and Han-Wei Chen

374 Defense of Four Cucumber Cultivars to the Cotton Aphid, *Aphis gossypii* (Glover)
Yaw-Jen Dong and Shaw-Yhi Hwang

384 Influence of Explant, Plant Growth Regulator and Illumination on Adventitious Shoot Induction of *In Vitro* Cultured *Salvia miltiorrhiza*
Uei-Chern Chen, Jhin-Yi Tsao, and Chi-Ni Hsia

395 A Revised Checklist of Insects and Mites of Pineapple from Taiwan
Shou-Horng Huang and Tai-Chuan Wang

406 Analysis of Seed Purity for the Bell Pepper (*Capsicum annuum*) Hybrid Using SSR Markers
Jau-Yueh Wang, Da-Gin Lin, and Feng-Chyi Lin

420 Comparison on Various Methods to Remove Arsenic in Groundwater
Chong-Yi Liao, Pei-Tzu Liao, and Chi-Ling Chen

430 Breeding of a New Indica Purple Rice Variety 'Tainung Sen Glutinous 24'
Dah-Jing Liao and Lung-Che Chen

Short Communication

439 Seedling Disinfestation of *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acari: Tetranychidae) with Emulsified Palm Oil Dip
Jih-Zu Yu and Pei-Chen Hsu

ISSN 0022-4847

Published by Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture

台灣農業研究 JOURNAL OF TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH Vol.65 No.4 2016

ISSN 0022-4847
DOI:10.6156/JTAR

台灣農業研究

JOURNAL OF TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH

Vol.65 No.4 2016

研究報告

349 農業試驗所昆蟲標本館盾介殼蟲科 (3)：盾介殼蟲亞科 (半翅目、胸喙亞目、介殼蟲總科：盾介殼蟲科) 標本名錄
陳淑佩、翁振宇、古琇芷

365 香蕉不同品種對於黃葉病之抗性評估
關政平、林孟逸、吳明哲、陳涵蒧

374 四種小黃瓜品種對棉蚜 [*Aphis gossypii* (Glover)] 之防禦效果
董耀仁、黃紹毅

384 培植體、植物生長調節劑及光照處理對丹參不定芽誘導之影響
陳威臣、曹進義、夏奇鈮

395 台灣鳳梨害蟲名錄之修訂
黃守宏、王泰權

406 利用SSR標誌進行番椒雜交種子純度之檢測
王昭月、林大鈞、林鳳琪

420 降低地下水中砷含量之方法比較
廖崇億、廖倍滋、陳琦玲

430 水稻紫黑米新品種「台農秈糯24號」之育成
廖大經、陳隆澤

研究簡報

439 種苗浸漬乳化棕櫚油對神澤氏葉蟎的防除效果
余志儒、許北辰

行政院農業委員會農業試驗所出版

《台灣農業研究》編審會

總編輯

楊純明／農業試驗所作物組

領域主編（按筆劃序）

王強生／中興大學農藝系
申　雍／中興大學土壤環境科學系
安寶貞／農業試驗所植物病理組
呂秀英／苗栗區農業改良場
柯文雄／中興大學植物病理學系
侯豐男／中興大學昆蟲學系
郭鴻裕／農業試驗所農業化學組
高景輝／台灣大學農藝學系
陳世銘／台灣大學生物產業機電工程系
陳吉仲／中興大學應用經濟系
陳宗禮／中興大學農藝系
陳健忠／農業試驗所應用動物組
陳琦玲／農業試驗所農業化學組
陳福旗／屏東科技大學農園生產系
黃振文／中興大學植物病理學系
黃肇家／農業試驗所作物組
黃鵬林／台灣大學園藝暨景觀學系
鄔宏潘／中央研究院植物暨微生物學研究所
曾夢蛟／中興大學園藝系
蔡致榮／農業試驗所
蔡新聲／朝陽科技大學生化科技研究所
歐錫坤／農業試驗所作物組
簡立賢／中興大學應用經濟系
蘇正德／東海大學食品科學系

編輯助理

王立蓉／農業試驗所《台灣農業研究》期刊編輯室
吳宜晏／農業試驗所技術服務組
陳相君／農業試驗所《台灣農業研究》期刊編輯室

台灣農業研究

第六十五卷　第四期　　中華民國一〇五年十二月三十日

出版者　行政院農業委員會農業試驗所
發行人　陳駿季
總編輯　楊純明
地址　41362 台中市霧峰區萬豐里中正路 189 號
網址　http://www.tari.gov.tw
電話　(04)2331-7236
E-mail　jtar@tari.gov.tw
線上投審稿系統　http://aspers.airiti.com/JTAR

編印　Airiti Press Inc.
地址　23452 新北市永和區成功路一段 80 號 18 樓
電話　(02)2926-6006
E-mail　press@airiti.com

定價　新台幣一七五元
展售門市　1. 國家書店／ 10485 台北市松江路 209 號 1 樓／電話：(02) 2518-0207
國家網路書店 http://www.govbooks.com.tw
2. 五南文化廣場／ 40042 台中市中山路 6 號／電話：(04) 2226-0330

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 65(4):349–364 (2016)
DOI: 10.6156/JTAR/2016.06504.01

Research Article

A List of Diaspididae in the Insect Collection of Taiwan Agricultural Research Institute (3): Diaspidinae (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea: Diaspididae)

Shu-Pei Chen[1,*], Jen-Yu Wong[2], and Hsiu-Chih Ku[3]

Abstract

Chen, S. P., J. Y. Wong, and H. C. Ku. 2016. A list of diaspididae in the insect collection of Taiwan Agricultural Research Institute (3): Diaspidinae (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea: Diaspididae). J. Taiwan Agric. Res. 65(4):349–364.

A list of 35 species in 7 genera of Diaspidinae (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea: Diaspididae) with 435 slide-mounted specimens deposited at the Insect Collection of Taiwan Agricultural Research Institute (TARI) is provided. The specimens were mainly collected during Japanese Colonial Period in Taiwan. The synonyms, host plants, distribution and photographs of slide-mounted specimen are also provided for each species.

Key words: Diaspidinae, Diaspididae, Slide-mounted specimens, Taiwan Agricultural Research Institute (TARI).

INTRODUCTION

Scale insects (Coccoidea) of Taiwan have been extensively studied by serveral western and Japanese entomologists such as Green, Ferris and Takahashi since 1923 (Tao 1978). Most of the slide-mounted specimens of Diaspidinae (Diaspididae) collected by Takahashi were deposited at the Insect Collection, Division of Applied Zoology, Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), and many of them were types. However, a considerable number of species names used by Takahashi have been changed or synonymized with other names. In this study, taxonomic status of all slide-mounted specimens in TARI were examined and revised based on the current studies.

MATERIALS AND METHODS

A total of 435 slide-mounted specimens were re-examined by using a light microscope (mode: Leitz DMRB, Leica, Milton Keynes, U.K.) in this study. Distribution data of each species were compiled based on the information provided on the slide-mounted specimens deposited at the TARI Insect Collection. Photographs of slide-mounted specimens (adult female) were taken by using Leita DMRB light microscope, Automatic Piezo stepping motor (Leica Piezo Z-drive, Switzerland) and Leica DFC 420 Digital Microscope Cameras (Leica, Switzerland) for each species. The spelling of localities is followed by Chu & Yamanaka (1973, 1974, 1975) and the Taiwan Geographic Name Information

Received: December 17, 2015; Accepted: January 11, 2016.
* Corresponding author, email: spchen@tari.gov.tw
1 Associate Research Fellow, Applied Zoology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.
2 Former Field Technician, Applied Zoology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.
3 Project Assistant, Applied Zoology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

Systems (http://placesearch.moi.gov.tw/search/index.php).

RESULTS

Among the identified 35 species (7 genera) of Diaspidinae in TARI, 12 species were described by Takahashi, 4 species by Cockerell, 4 species by Green, 2 species by Kuwana, 2 species by Maskell, 2 species by Signoret, 2 species by Zegbtber, and 7 species by Bouché, Comstock, Cooley, Doane & Ferris, Kerner, Newstead and Targioni-Tozzetti, respectively. There were 7 species not collected in Taiwan, including *Aulacaspis cambodiensis* Takahashi, *Aulacaspis difficilis* (Cockerell), *Epidiaspis leperii* (Signoret), *Howardia biclavis* (Comstock), *Pseudaulacaspis kentiae* (Kuwana), *Pseudaulacaspis papayae* Takahashi, and *Pseudaulacaspis samoana* (Doane & Ferris). The following list provides comprehensive information on the nomenclature, synonymies, host plants and distribution of each species. Type specimens (female) with deposited label (for example #22-5-1-2) were recorded. Table 1 is a check list of the old name and current name of collection locality records included in the paper (Chu & Yamanaka 1973, 1974, 1975).

Table 1. A check list of the old name, current name and Chinese name of collection localities included in the paper.

Old name	Current name	Chinese name
Antsun, Anshuo	Taitung: Anshuo	台東：安朔
Arisan	Chiayi: Alishan	嘉義：阿里山
Botel Tobago	Taitung: Lanyu	台東：蘭嶼
Budai	Pingtung: Wutai	屏東：霧台
Byoritsu	Miaoli	苗栗
Chipponsan	Chipponsan	知本山
Chushinron near Rokki	Kaohsiung: Paoshan near Liouguei	高雄：寶山近六龜
Garambi, Garanbi	Pingtung: Eluanbi	屏東：鵝鑾鼻
Giran	Yilan	宜蘭
Heichin	Taoyuan: Puxin	桃園：埔心
Heito	Pingtung	屏東
Hokuto	Taipei: Beitou	台北：北投
Hori, Horin	Nantou: Puli	南投：埔里
Hozan	Kaohsiung, Fengshan	高雄：鳳山
Hsintien	New Taipei City: Xindian (Sindian)	新北市：新店
Ikenohata	Yilan: Chihtuan	宜蘭：池端
Ishiyama	Kaohsiung: Shishan (Shihshan)	高雄：石山
Kagi	Chiayi	嘉義
Kahodai	Taichung: Jiabaotai (Chiapaotai)	台中：佳保台
Kakayom	Taitung: Jiadai (Chiachiadai)	台東：嘉代 (嘉嘉代)
Kankau	Pingtung: Gangkou	屏東：港口
Kanshirei	Tainan: Guanziling (Kuantyling)	台南：關子嶺
Karenko	Hualien	花蓮
Kinyan	Yilan: Jinyang (Chinyang)	宜蘭：金洋
Kontei	Pingtung: Kending	屏東：墾丁

Table 1. A check list of the old name, current name and Chinese name of collection localities included in the paper (continued).

Old name	Current name	Chinese name
Kotosho	Taitung: Lanyu	台東：蘭嶼
Kuraru	Pingtung: Sheding	屏東：社頂
Kusshaku	New Taipei City: Quchi	新北市：屈尺
Maruyama	Taipei: Yuanshan	台北：圓山
Masuhowara, Masuhowaru, Masuhowaro	Kaohsiung: Meishan	高雄：梅山
Ouluanpi	Pingtung: Eluanbi	屏東：鵝鑾鼻
Mutosan	Pingtung: Wutoushan	屏東：霧頭山
Raisha	Pingtung: Laiyi	屏東：來義
Rarasan	Taoyuan: Lala Mountain (Lalashan)	桃園：拉拉山
Reikan	Kaohsiung: Linkuan	高雄：嶺關
Seisui	Taitung: Qingshui (Chingshui)	台東：清水
Shinten	New Taipei City: Xindian (Sindian)	新北市：新店
Shirin	Taipei: Shilin	台北：士林
Sozan	Taipei: Yangmingshan	台北：陽明山
Shin-Taiheizan	Yilan: Taiping Mountain (Taipingshan)	宜蘭：太平山
Suisha	Nantou: Shuishe	南投：魚池：水社
Taiheizan, Taihezan, Taiheisan	Yilan: Taiping Mountain (Taipingshan)	宜蘭：太平山
Taihoku	Taipei	台北
Taiju	Kaohsiung: Dashu	高雄：大樹
Tainan	Tainan	台南
Takao, Takaoshu	Kaohsiung	高雄
Takimi	Kaohsiung: Longjian (Lungchien)	高雄：龍澗
Tamsui, Tansui	New Taipei City: Danshui (Danshuei)	新北市：淡水
Tosei	Taichung: Dongshi	台中：東勢
Toyen	Taoyuan	桃園
Urai	New Taipei City: Wulai	新北市：烏來

***Aulacaspis cambodiensis* Takahashi, 1942** (Fig. 1A) (Takahashi 1942a; Ben-Dov & Miller 2014)

Original spelling on label: *Aulacaspis cambodiensis* Takah. (3 slides)

Distribution: Cambodia (Angkor).

Note: Syntypes, female [collected from Cambodia: Angkor, on undetermined tree, 24-IV-1940 by R. Takahashi (#21a-1-1-1 ~ 3)].

***Aulacaspis crawii* (Cockerell, 1898)** (Fig. 1B) (Cockerell 1898, 1902; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2014)

Original spelling on label: *Aulacaspis crawii* Ckll. (31 slides)

Distribution: China (Foochow); Taiwan (Taihoku: Hokuto, Maruyama, Taihoku, Tansui; Tainan; Toyen).

Host plant: *Hibiscus* sp. (Malvaceae); *Murraya* sp. (Rutaceae).

Syn.: *Diaspis crawii* Cockerell, 1898; *Diaspis crawii fulleri* Cockerell, 1901; *Aulacaspis crawii fulleri* (Cockerell, 1898); *Diaspis* (*Aulacaspis*) *fulleri* (Cockerell, 1898); *Pseudaulacaspis crawii* (Cockerell, 1898); *Pseudaulacaspis fulleri* (Cockerell, 1898); *Aulacaspis fulleri* (Cockerell, 1898).

***Aulacaspis difficilis* (Cockerell, 1896)** (Fig. 1C) (Cockerell 1896b; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2014)

Original spelling on label: *Aulacaspis difficilis* Ckll. (22 slides)

Distribution: Japan (Yamaguchi).

Host plant: *Elaeagnus* sp. (Elaeagnaceae).

Syn.: *Chionaspis difficilis* Cockerell, 1896; *Sasakiaspis difficilis* (Cockerell, 1896); *Pseudaulacaspis difficilis* (Cockerell, 1896).

***Aulacaspis divergens* Takahashi, 1935** (Fig. 1D) (Takahashi 1935; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2014)

Original spelling on label: *Aulacaspis kuzunoi divergens* Takah. (29 slides)

Distribution: Taiwan (Byoritsu; Taihoku; Tainan: Kanshirei; Taito: Kotosho; Takao: Masuhowaru).

Host plant: *Miscanthus* sp., *Miscanthus sinensis*, *Miscanthus floridulus* (Poaceae).

Syn.: *Aulacaspis kuzunoi divergens* Takahashi, 1935.

Note: Syntypes, female [collected from Taiwan: Taihoku, Kanshirei, Masuhowaru, Kotosho, on *Miscanthus* spp., by R. Takahashi (#21a-5-1-1–21a-5-5-1, #21a-5-5-3–21a-5-6-5)].

***Aulacaspis fagraeae* (Green, 1896)** (Fig. 1E) (Green 1896; Cockerell 1902; Ben-Dov & Miller 2014)

Original spelling on label: *Diaspis fagraeae* Green. (5 slides)

Distribution: Taiwan (Kagi: Arisan; Taihoku: Maruyama).

Syn.: *Diaspis fagraeae* Green, 1896.

***Aulacaspis formosana* (Takahashi, 1934)** (Fig. 1F) (Takahashi 1934; Takagi 1970, 1985; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2014)

Original spelling on label: *Phenacaspis formosana* Takah. (3 slides)

Distribution: Taiwan (Giran: Ikenohata; Heito: Mutosan).

Host plant: *Wickstroemia* sp. (Thymelaeaceae).

Syn.: *Phenacaspis formosana* Takahashi, 1934; *Dycryptaspis formosana* (Takahashi, 1934); *Chionaspis formosana* (Takahashi, 1934).

Note: Syntypes, female [collected from Taiwan: Ikenohata (Rato-Gun), on *Wikstroemia* sp., 1-VIII-1933, by R. Takahashi (#39-3-1-3–4)].

***Aulacaspis greeni* Takahashi, 1934** (Fig. 2A) (Takahashi 1934; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2014)

Original spelling on label: *Aulacaspis greeni* Takah. (13 slides)

Distribution: Taiwan (Heito: Garambi).

Host plant: *Cinnamomum* sp., *Cinnamomum reticulatum* (Lauraceae).

Note: Syntypes, female [collected from Taiwan: Garambi, Kankau, Kuraru, on *Cinnamomum reticulatum*. by R. Takahashi (#21a-4-3-5-a–b, 21a-4-1-1–21a-4-3-4)].

***Aulacaspis hedyotidis* (Green, 1899)** (Fig. 2B) (Green 1899; Takahashi 1942b; Takagi 1985; Ben-Dov & Miller 2014)

(1) **Original spelling on label:** *Phenacaspis dehyotidis* Green. (5 slides)
Distribution: Taiwan (Taito: Kotosho).

(2) **Original spelling on label:** *Phenacaspis hedyotidis* Green. (21 slides)
Distribution: Malaysia (Malaya: Seremban); Taiwan (Taihoku: Maruyama, Taihoku, Tansui); Thailand (Ubon).
Host plant: E*laeagnus* sp., *Mallotus japonicus*, *Mallotus philippensis* (Elaeagnaceae); *Acalypha* sp. (Euphorbiaceae); *Machilus japonica* (Lauraceae); *Hydrangea integrifolia* (Saxifragaceae).

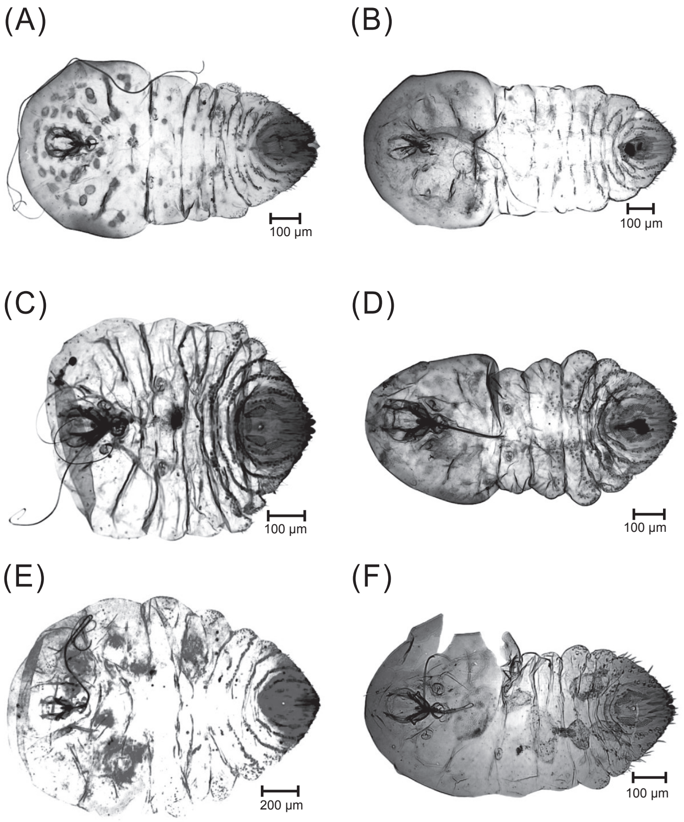

Fig. 1. (A) *Aulacaspis cambodiensis* Takahashi, 1942; (B) *Aulacaspis crawii* (Cockerell, 1898); (C) *Aulacaspis difficilis* (Cockerell 1896); (D) *Aulacaspis divergens* Takahashi, 1935; (E) *Aulacaspis fagraeae* (Green 1896); and (F) *Aulacaspis formosana* (Takahashi 1934).

Syn.: *Chionaspis hedyotidis* Green, 1899; *Trichomytilus hedyotidis* (Green, 1899); *Phenacaspis hedyotidis* (Green, 1899).

***Aulacaspis latissima* (Cockerell, 1897)** (Fig. 2C) (Cockerell 1897; Chou 1982; Ben-Dov & Miller 2014)

Original spelling on label: *Aulacaspis latissima* Ckll. (15 slides)

Distribution: Japan (Kyushu: Kagoshima; Okinawa: Haneji); Taiwan (Nantou: Suisha).

Host plant: *Distylium racemosum* (Hamamelidaceae); *Murraya* sp. (Rutaceae).

Syn.: *Chionaspis latissima* Cockerell, 1897; *Phenacaspis latissima* (Cockerell, 1897).

***Aulacaspis machili* (Takahashi, 1931)** (Fig. 2D) (Takahashi 1931b; Takagi & Kawai 1967; Takagi 1985; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2014)

Original spelling on label: *Diaspis machili* Takah. (3 slides)

Distribution: Taiwan (Giran; Nantou: Suisha; Taihoku).

Host plant: *Cinnamomum* sp., *Machilus kusanoi* (Lauraceae).

Syn.: *Diaspis machili* Takahashi, 1931; *Phenacaspis obovata* Takagi & Kawai, 1966; *Chionaspis machili* (Takahashi, 1931); *Chionaspis obovata* (Takahashi, 1931); *Phenacaspis machili* (Takahashi, 1931).

***Aulacaspis madiunensis* (Zehntner, 1898)** (Fig. 2E) (Takahashi 1940; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2014)

Original spelling on label: *Aulacaspis madiunensis* Zehnt. (14 slides)

Distribution: Taiwan (Tainan; Urai).

Host plant: *Saccharum* sp. (Poaceae).

Syn.: *Chionaspis madiunensis* Zehntner, 1898; *Sclopetaspis madiunensis* (Zehntner, 1898).

Aulacaspis murrayae **Takahashi, 1931** (Fig. 2F) (Takahashi 1931a; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2014)

Original spelling on label: *Aulacaspis murrayae* Takah. (28 slides)

Distribution: Taiwan (Heito: Garanbi; Takao; Toyen).

Host plant: *Murraya* sp., *Murraya exotica* (Rutaceae).

Note: Syntypes, female [collected from Taiwan: Takao, on *Murraya exotica*, 23-VI-1929, by R. Takahashi (#21b-3-4-1–2, #21b-3-4-4–5, 21b-4-1-1–21b-4-4-5)].

Aulacaspis phoebicola **Takahashi, 1936** (Fig. 3A) (Takahashi 1936b; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2014)

Original spelling on label: *Aulacaspis yabunikkei* Kuw. Nar. *phoebicola* Tak. (9 slides)

Distribution: Taiwan (Taito: Antsun; Toen: Rarasan).

Host plant: *Phoebe* sp., *Phoebe formosana* (Lauraceae).

Note: Syntypes, female [collected from Taiwan: Rarasan, near Urai, 31-VII-1933

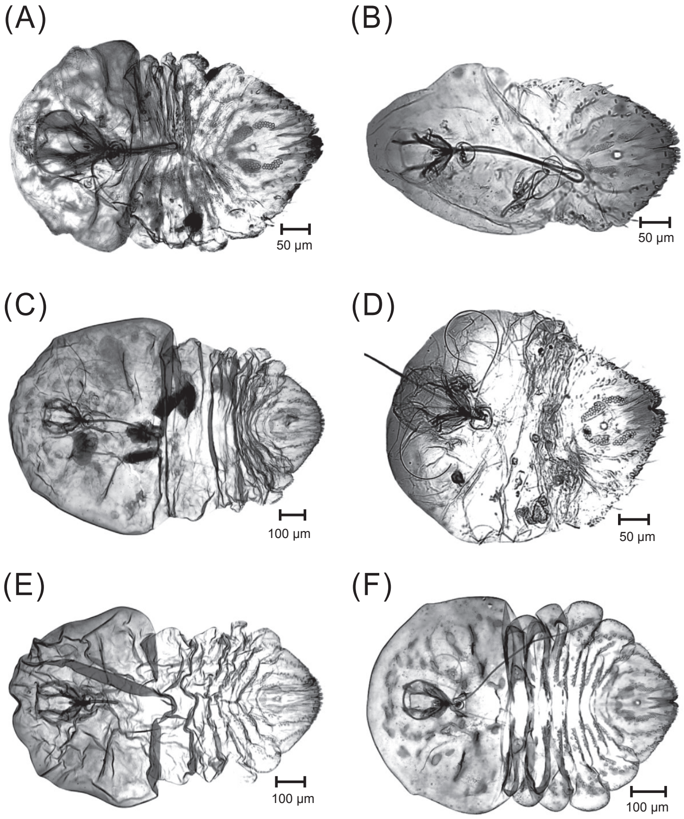

Fig. 2. (A) *Aulacaspis greeni* Takahashi, 1934; (B) *Aulacaspis hedyotidis* (Green 1899); (C) *Aulacaspis latissima* (Cockerell 1897); (D) *Aulacaspis machili* (Takahashi 1931); (E) *Aulacaspis madiunensis* (Zehntner 1898); and (F) *Aulacaspis murrayae* Takahashi, 1931.

(#22-5-1-1) and Antsun, Taitocho, 13-V-1935 (#22-5-1-2, #22-5-1-5, #22-4-1-3, #22-5-2-1–22-5-2-5), by R. Takahashi].

***Aulacaspis robusta* Takahashi, 1931** (Fig. 3B) (Takahashi 1931a; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2014)

Original spelling on label: *Aulacaspis robusta* Takah. (12 slides)

Distribution: Taiwan (Taihoku: Shirin, Taihoku).

Host plant: *Bladhia* sp., *Ardisia sieboldii* (Myrsinaceae).

Note: Syntypes, female [collected from Taiwan: Shirin, on *Bladhia sieboldii*, 30-XII-1930, by R. Takahashi (#21b-5-1-2, #21b-5-1-3)].

***Aulacaspis rosae* (Bouché, 1833)** (Fig. 3C) (Cockerell 1896a; Chou 1982; Ben-Dov & Miller 2014)

Original spelling on label: *Aulacaspis rosae* Bouché. (14 slides)

Distribution: Taiwan (Giran: Taihezan; Taihoku).

Host plant: *Rosa* sp., *Rubus* sp. (Rosaceae).

Syn.: *Aspidiotus rosae* Bouché, 1833; *Chermes rosae* (Bouché, 1834); *Diaspis rosae* (Bouché, 1834); *Aulacaspis* (*Diaspis*) *rosae* (Bouché, 1834); *Diaspis* (*Aulacaspis*) *rosae* (Bouché, 1834); *Anamaspis rosae* (Bouché, 1834).

***Aulacaspis spinosa* (Maskell, 1897)** (Fig. 3D) (Maskell 1897; Fernald 1903; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2014)

Original spelling on label: *Aulacaspis spinosa* Mask. (13 slides)

Distribution: Taiwan (Giran: Taihezan; Nantou: Suisha).

Host plant: *Smilax* sp. (Smilacaceae).

Syn.: *Diaspis rosae spinosa* Maskell, 1897; *Aulacaspis rosae spinosa* (Maskell, 1897); *Aulacaspis pseudospinosa* Chen, Wu & Su, 1980.

***Aulacaspis tegalensis* (Zehntner, 1898)** (Fig. 3E) (Ferris 1921; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2014)

Original spelling on label: *Aulacaspis tegalensis* Zehntner. (3 slides)

Distribution: Taiwan (Taihoku).

Host plant: *Saccharum* sp. (Poaceae).

Syn.: *Chionaspis tegalensis* Zehntner, 1898; *Aulacaspis major* Rutherford, 1916; *Aulacaspis tegalensis* (Zehntner, 1898); *Aulacaspis rutherfordi* (Zehntner, 1898); *Diaspis rutherfordi* (Zehntner, 1898); *Miscanthaspis tegalensis* (Zehntner, 1898).

***Aulacaspis tubercularis* Newstead, 1906** (Fig. 3F) (Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2014)

Original spelling on label: *Aulacaspis mangiferae* Newst. (16 slides)

Distribution: Taiwan (Heito: Budai; Taihoku: Hokuto; Tainan); Thailand (Bangkok).

Host plant: *Acer* sp. (Aceraceae); *Mangifera* sp. (Anacardiaceae); *Machilus* sp. (Lauraceae).

Syn.: *Aulacaspis* (*Diaspis*) *tubercularis* Newstead, 1906; *Aulacaspis cinnamomi* Newstead, 1908; *Aulacaspis tubercularis* (Newstead, 1906); *Diaspis* (*Aulacaspis*) *cinnamomi mangiferae* Newstead, 1911; *Aulacaspis cinnamomi mangiferae* (Newstead, 1911); *Diaspis mangiferae* (Newstead, 1911); *Diaspis cinnamomi-mangiferae* (Newstead, 1911); *Aulacaspis mangifera* (Newstead); *Diaspis* (*Aulacaspis*) *cinnamomi* Newstead, 1911; *Diaspis* (*Aulacaspis*) *tubercularis* (Newstead, 1906).

***Aulacaspis vitis* (Green, 1896)** (Fig. 4A) (Chou 1982; Takagi 1985; Ben-Dov & Miller 2014)

Original spelling on label: *Phenacaspis vitis* Green. (24 slides)

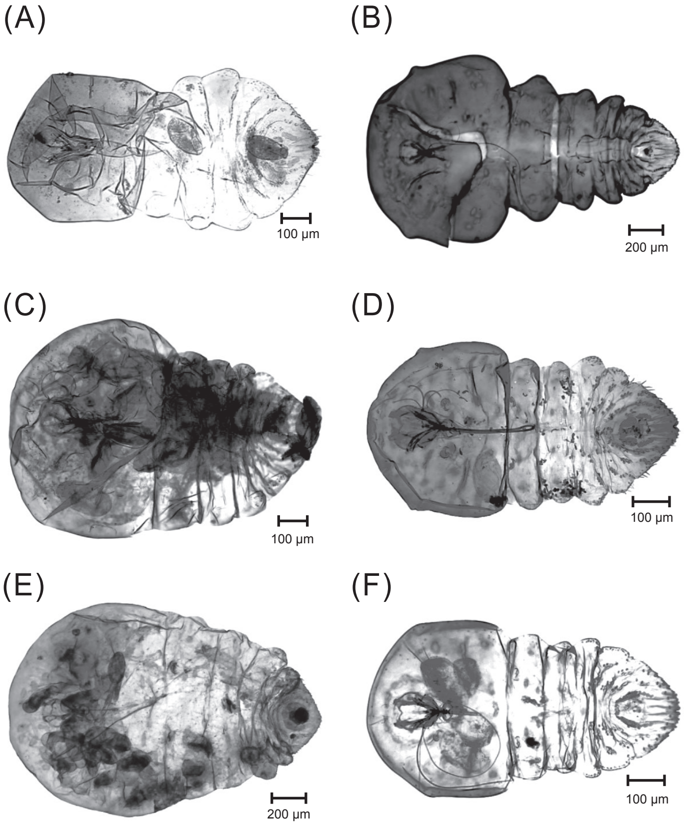

Fig. 3. (A) *Aulacaspis phoebicola* Takahashi, 1936; (B) *Aulacaspis robusta* Takahashi, 1931; (C) *Aulacaspis rosae* (Bouché 1833); (D) *Aulacaspis spinosa* (Maskell 1897); (E) *Aulacaspis tegalensis* (Zehntner 1898); and (F) *Aulacaspis tubercularis* Newstead, 1906.

Distribution: Japan (Okinawa: Haneji); Taiwan (Kankau; Nantou: Hori, Suisha; Taichu: Tosei; Taihoku: Hokuto, Sozan, Taihoku; Taito: Kotosho); Thailand (Ubon).

Host plant: *Elaeagnus* sp., *Mallotus* sp., *Elaeagnus glabra* (Elaeagnaceae); *Acalypha* sp. (Euphorbiaceae); *Machilus* sp. (Lauraceae); *Hydrangea integrifolia* (Saxifragaceae).

Syn.: *Chionaspis vitis* Green, 1896; *Trichomytilus vitis* (Green, 1896); *Poliaspis vitis* (Green, 1896); *Phenacaspis vitis* (Green, 1896).

***Aulacaspis yabunikkei* Kuwana, 1926** (Fig. 4B) (Kuwana, 1926; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2014)

Original spelling on label: *Aulacaspis yabunikkei* Kuwana. (28 slides)

Distribution: China (Hong Kong, Hwangyen); Japan (Kyushu: Naze); Taiwan (Heito: Garanbi, Heito, Kuraru, Raisha; Nantou: Suisha; Taihoku: Hokuto, Kusshaku, Shirin, Taihoku; Taito: Chipponsan, Kakayom, Seisui; Takaoshu: Chushinron near Rokki, Ishiyama, Takimi).

Host plant: *Actinodaphne* sp., *Beilschmiedia erythrophloia*, *Cinnamomum sieboldii*, *Cinnamomum* sp., *Lindera oldhami*, *Neolitsea* sp., *Tetrodenia* sp. (Lauraceae).

***Diaspis boisduvalii* Signoret, 1869** (Fig. 4C) (Signoret 1869; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2014)

Original spelling on label: *Diaspis boisduvalii* Signoret, 1869. (3 slides)

Distribution: Malaysia (Malaya: Kuala Lumpur); Taiwan (Taihoku).

Host plant: *Ananassa* sp., *Ananassa sativa* (Bromeliaceae); *Rhynchostylis retusa* (Orchidaceae).

Syn.: *Diaspis trinacis* Colvée, 1881; *Aulacaspis boisduvalii* (Signoret, 1869); *Aulacaspis cattleyae* Cockerell, 1899; *Diaspis cattleyae* (Cockerell, 1899); *Aulacaspis cymbidii* (Cockerell, 1899).

***Diaspis bromeliae* (Kerner, 1778)** (Fig. 4D) (Curtis 1843; Signoret 1869; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2014)

Original spelling on label: *Diaspis bromeliae* Kern. (13 slides)

Distribution: Malaysia (Malaya: Klang); Singapore; Taiwan (Heito; Hozan; Kagi; Taihoku; Takao: Taiju); USA (Hawaii).

Host plant: *Ananas comosus* (Bromeliaceae).

Syn.: *Coccus bromeliae* Kerner, 1778; *Aspidiotus bromeliae* (Kerner, 1778); *Aspidiotes bromeliae* Bouché, 1844; *Chermes bromeliae* (Kerner, 1778); *Aulacaspis bromeliae* (Kerner, 1778).

***Dinaspis taiwana* Takahashi, 1936** (Fig. 4E) (Takahashi 1936a; Tao 1978; Ben-Dov & Miller 2014)

Original spelling on label: *Dinaspis taiwana* Takahashi, 1936. (4 slides)

Distribution: Taiwan (Taihoku: Shinten).

Note: Syntypes, female [collected from Taiwan: Shinten, on *Actinodaphne pedicellata*, 22-IV-1936, by R. Takahashi (#25-2-2-1–4)].

***Epidiaspis leperii* (Signoret, 1869)** (Fig. 4F) (Signoret 1869; Ben-Dov & Miller 2014)

Original spelling on label: *Diaspis leperii* Signt. (5 slides)

Distribution: Turkey (Angora).

Host plant: *Pyrus* sp., *Pyrus communis* (Rosaceae).

Syn.: *Diaspis leperii* Signoret, 1869; *Diaspis pyri* Colvée, 1881; *Aspidiotus piricola* Del Guercio, 1894; *Diaspis piricola* (Del Guercio, 1894); *Epidiaspis piricola* (Del Guercio, 1894); *Epidiaspis pyri* (Colvée, 1881).

***Howardia biclavis* (Comstock, 1883)** (Fig. 5A) (Tao 1989; Wong *et al.* 1999; Ben-Dov & Miller 2014)

Original spelling on label: *Howardia biclavis* Comst. (1 slide)

Distribution: Micronesia (Caroline Isls.: Truk: Tol Olej).

Host plant: *Citrus limon* (Rutaceae).

Syn.: *Chionaspis biclavis* Comstock, 1883; *Chionaspis biclavis detecta* Maskell, 1895; *Chionaspis* (*Howardia*) *biclavis* (Comstock, 1883); *Howardia biclavis detecta* (Comstock, 1883); *Megalodiaspis biclavis* (Comstock, 1883); *Howardia* (*Chionaspis*) *biclavis* (Comstock, 1883).

***Pseudaulacaspis brideliae* (Takahashi, 1933)** (Fig. 5B) (Takahashi 1933; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2014)

Original spelling on label: *Chionaspis brideliae* Takah. (3 slides)

Distribution: Taiwan (Taihoku: Shinten).

Host plant: *Bridelia* sp., *Bridelia ovata* (Euphorbiaceae).

Syn.: *Chionaspis brideliae* Takahashi, 1933; *Trichomytilus brideliae* (Takahashi, 1933); *Phenacaspis brideliae* (Takahashi, 1933).

Note: Syntypes, female [collected from Taiwan: Shinten, Taihoku, on *Bridelia* sp., 04-IX-1932 by R. Takahashi (#23-2-4-3)].

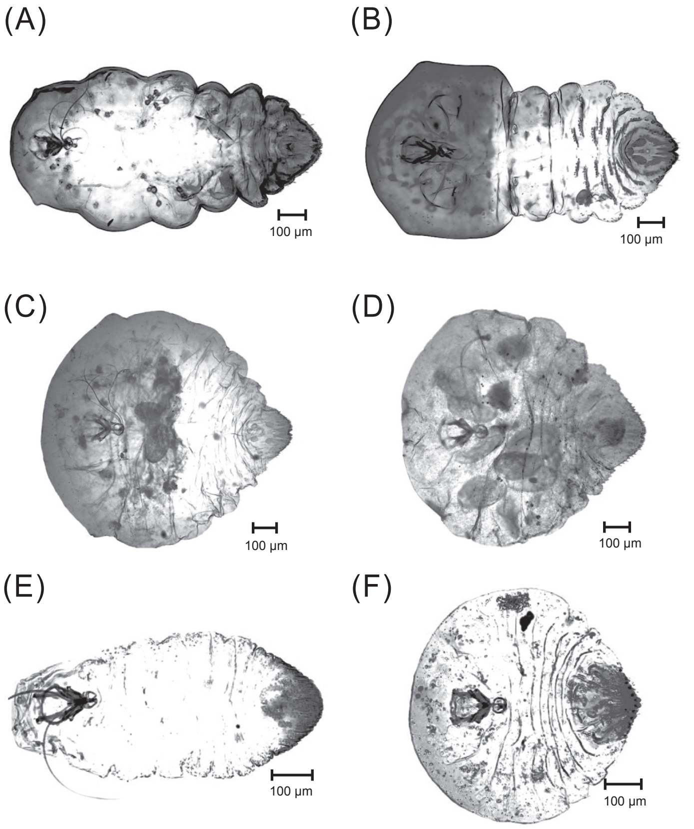

Fig. 4. (A) *Aulacaspis vitis* (Green 1896); (B) *Aulacaspis yabunikkei* Kuwana, 1926; (C) *Diaspis boisduvalii* Signoret, 1869; (D) *Diaspis bromeliae* (Kerner 1778); (E) *Dinaspis taiwana* Takahashi, 1936; and (F) *Epidiaspis leperii* (Signoret 1869).

Pseudaulacaspis cockerelli **(Cooley, 1897)** (Fig. 5C) (Cooley 1897; Green 1899; Takagi & Kawai 1967; Tao 1989; Wong et al. 1999; Ben-Dov & Miller 2014)

(1) **Original spelling on label:** *Chionaspis dilatata* Green. (1 slide)
Distribution: South Asia.

(2) **Original spelling on label:** *Phenacaspis cockerelli* Cooley. (2 slides)
Distribution: China (Hong Kong).

(3) **Original spelling on label:** *Phenacaspis inday* (Banks, 1906). (8 slides)
Distribution: Cambodia (Angkor); Palau Isls. (Arumizu-Arakasao; Babeldaob: Ngiwal-Ngarard; Peliliou).

(4) **Original spelling on label:** *Phenacaspis dilatata* Green. (18 slides)
Distribution: Cambodia (Angkor); Malaysia (Malaya: Kepong, Malacca); Taiwan (Formosa; Heito: Garanbi, Kontei; Kagi; Taihoku: Sozan; Takaoshu: Ishiyama, Reikan, Takimi); Thailand (Bangkok; Mt. Sutep).

Host plant: *Mangifera* sp. (Anacardiaceae); *Trachycarpus* sp., *Phoenix* sp. (Arecaceae); *Hevea* sp. (Euphorbiaceae); *Stauntonia* sp. (Lardizabalaceae); *Laurac* sp. (Lauraceae); *Camellia* sp. (Theaceae).

Syn.: *Chionaspis cockerelli* Cooley, 1897; *Chionaspis dilatata* Green, 1899; *Phenacaspis natalensis* Cockerell, 1902; *Phenacaspis dilatata* (Green,

1899); *Chionaspis* (*Phenacaspis*) *dilatata* (Green, 1899); *Chionaspis candida* Banks, 1906; *Chionaspis inday* Banks, 1906; *Chionaspis* (*Phenacaspis*) *natalensis* (Cockerell, 1902); *Aulacaspis dilatata* (Green, 1899); *Aulacaspis natalensis* (Cockerell, 1902); *Phenacaspis eugeniae sandwicensis* Fullaway, 1932; *Trichomytilus aucubae* (Cooley, 1897); *Trichomytilus cockerelli* (Cooley, 1897); *Trichomytilus dilatatus* (Green, 1899); *Trichomytilus inday* (Banks, 1906); *Trichomytilus natalensis* (Cockerell, 1902); *Chionaspis syringae* Borchsenius, 1938; *Chionaspis hattorii* Kanda, 1941; *Phenacaspis sandwicensis* (Fullaway, 1932); *Chionaspis akebiae* Takahashi, 1952; *Phenacaspis syringae* (Borchsenius, 1938); *Phenacaspis akebiae* (Takahashi, 1952); *Phenacaspis ferrisi* Mamet, 1959; *Phenacaspis hattorii* (Kanda, 1941); *Phenacaspis inday* (Banks, 1906); *Phenacaspis cockerelli* (Cooley, 1897).

***Pseudaulacaspis eugeniae* (Maskell, 1892)** (Fig. 5D) (Cockerell 1899; Maskell 1892; Takagi 1985; Ben-Dov & Miller 2014)

Original spelling on label: *Phenacaspis eugeniae* Mask. (6 slides)

Distribution: Taiwan (Taihoku); USA (Hawaii: Honolulu).

Host plant: *Bischofia javanica* (Euphorbiaceae); *Michelia* sp., *Michelia fuscata* (Magnoliaceae).

Syn.: *Chionaspis eugeniae* Maskell, 1892; *Phenacaspis eugeniae* (Maskell, 1892); *Howardia eugeniae* (Maskell, 1892); *Aulacaspis eugeniae* (Maskell, 1892); *Trichomytilus eugeniae* (Maskell, 1892); *Poliaspis eugeniae* (Maskell, 1892).

***Pseudaulacaspis kentiae* (Kuwana, 1931)** (Fig. 5E) (Kuwana 1931; Takagi 1985; Ben-Dov & Miller 2014)

Original spelling on label: *Phenacaspis kentiae* Kuw. (1 slide)

Distribution: Japan (Honshu: Hyogo).

Syn.: *Phenacaspis kentiae* Kuwana, 1931; *Trichomytilus kentiae* (Kuwana, 1931); *Chionaspis kentiae* (Kuwana, 1931).

***Pseudaulacaspis manni* (Green in Green & Mann, 1907)** (Fig. 5F) (Takahashi 1931a, 1934; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2014)

(1) **Original spelling on label:** *Chionaspis manni* Green in Green & Mann, 1907. (1 slide)

Distribution: Taiwan (Heito: Kuraru).

(2) **Original spelling on label:** *Diaspis gordoniae* Takah. (4 slides)

Distribution: Taiwan (Nantou: Suisha; Taichu: Kahodai; Taihoku).

Host plant: *Bischofia javanica* (Euphorbiaceae); *Lithocarpus* sp. (Fagaceae).

Syn.: *Chionaspis manni* Green in Green & Mann, 1907; P*henacaspis manni* (Green in Green & Mann, 1907); *Diaspis gordoniae* Takahashi, 1931; *Trichomytilus manni* (Green in Green & Mann, 1907); *Diaspis manni* (Green in Green & Mann, 1907).

***Pseudaulacaspis papayae* Takahashi, 1942** (Fig. 6A) (Takahashi 1942b; Ben-Dov & Miller 2014)

Original spelling on label: *Phenacaspis papayae* Takah. (5 slides)

Distribution: Thailand (Bangkok).

Host plant: *Carica papaya* (Caricaceae); *Zizyphus* sp. (Rhamnaceae).

Syn.: *Phenacaspis papayae* Takahashi, 1942.

Note: Syntypes, female [collected from Thailand: Bankok, on *Zizyphus jujuba*, V-1940 (#39-5-2-5) and papaya, 19-V-1940 by R. Takahashi (#39-5-2-1)].

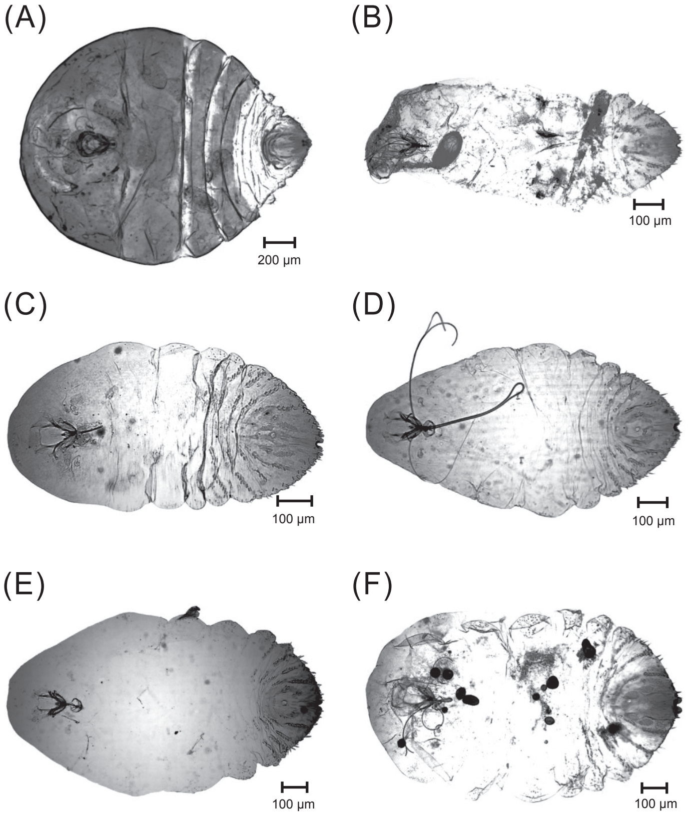

Fig. 5. (A) *Howardia biclavis* (Comstock 1883); (B) *Pseudaulacaspis brideliae* (Takahashi 1933); (C) *Pseudaulacaspis cockerelli* (Cooley 1897); (D) *Pseudaulacaspis eugeniae* (Maskell 1892); (E) *Pseudaulacaspis kentiae* (Kuwana 1931); and (F) *Pseudaulacaspis manni* (Green in Green & Mann 1907).

Pseudaulacaspis pentagona **(Targioni-Tozzetti, 1886)** (Fig. 6B) (MacGillivray 1921; Tao 1989; Wong et al. 1999; Ben-Dov & Miller 2014)

(1) **Original spelling on label:** *Diaspis pentagona* Targ. (18 slides)
Distribution: Fiji (Fiji; Kadavu; Nayuso); Japan (Hokkaido: Sapporo; Loochoo: Naze); Korea (Keijo); Palau (Korror); Taiwan (Taihoku; Tainan; Toyen: Heichin); USA (Saipan).

(2) **Original spelling on label:** *Pseudaulacaspis pentagona* Targ. (1 slide)
Distribution: Japan (Hokkaido: Sapporo).

(3) **Original spelling on label:** *Sasakiaspis pentagona* Targ. (16 slides)
Distribution: Japan (Honshu: Yamagachi; Kyoto); Taiwan (Hualien: Karenko; Taihoku: Shinten; Toyen).

Host plant: *Cercidiphyllum japonicum* (Cercidiphyllaceae); *Cossava* sp. (Euphorbiaceae); *Crotaloria* sp. (Fabaceae); *Beilschmiedia erythrophloia* (Lauraceae); *Urena* sp., *Hibiscus mutabilis* (Malvaceae); *Melia azedarach* (Meliaceae); *Mulberry* sp. (Moraceae); *Amygdalus persica*, *Prunus* sp., *Prunus mume* (Rosaceae); *Antirrhinum majus*, *Paulownia tomentosa* (Scrophulariaceae).

Syn.: *Diaspis pentagona* Targioni Tozzetti, 1886; *Diaspis Amygdali* Tryon, 1889; *Diaspis lanatus* Morgan & Cockerell in Cockerell, 1892; *Diaspis patelliformis* Sasaki, 1894; *Aspidiotus*

vitiensis Maskell, 1895; *Diaspis lanata* (Morgan & Cockerell in Cockerell, 1892); *Aulacaspis* (*Diaspis*) *pentagona* (Targioni Tozzetti, 1886); *Aulacaspis pentagona* (Targioni Tozzetti, 1886); *Diaspis* (*Aulacaspis*) *pentagona* (Targioni Tozzetti, 1886); *Epidiaspis vitiensis* (Maskell, 1895); *Aspidiotus lanatus* (Morgan & Cockerell in Cockerell, 1892); *Sasakiaspis pentagona* (Targioni Tozzetti, 1886).

***Pseudaulacaspis samoana* (Doane & Ferris, 1916)** (Fig. 6C) [Doane & Ferris 1916; MacGillivray 1921; Takagi 1985; Ben-Dov & Miller 2014]

Original spelling on label: *Phenacaspis samoana* Doane et Ferris. (2 slides)

Distribution: Japan (Okinawa).

Syn.: *Chionaspis samoana* Doane & Ferris, 1916; *Phenacaspis samoana* (Doane & Ferris, 1916); *Trichomytilus samoanus* (Doane & Ferris, 1916).

***Pseudaulacaspis taiwana* (Takahashi, 1935)** (Fig. 6D) [Takahashi 1935; Takagi 1970; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2014]

Original spelling on label: *Phenacaspis taiwana* Takah. (5 slides)

Distribution: Taiwan (Giran: Kinyan).

Syn.: *Phenacaspis taiwana* Takahashi, 1935; *Chionaspis taiwana* (Takahashi, 1935).

Note: Syntypes, female [collected from Tai-

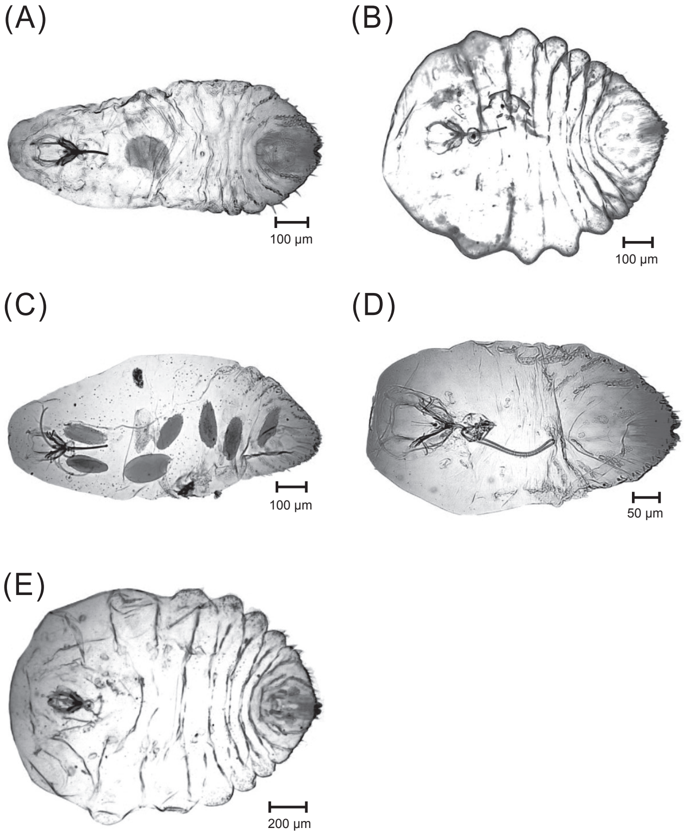

Fig. 6. (A) *Pseudaulacaspis papayae* Takahashi, 1942; (B) *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni-Tozzetti 1886); (C) *Pseudaulacaspis samoana* (Doane & Ferris 1916); (D) *Pseudaulacaspis taiwana* (Takahashi 1935); and (E) *Rutherfordia major* (Cockerell 1894).

wan: Taihoku Prefecture, Suo-Gun, Kinyan, on *Quercus* sp., 16/-VIII-1934, by R. Takahashi (#39-5-5-1–5)].

Rutherfordia major **(Cockerell, 1894)** (Fig. 6E) (Cockerell 1894; MacGillivray 1921; Takahashi 1929; Takagi et al. 1989; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2014)

Original spelling on label: *Diaspis major* Ckll. (7 slides)

Distribution: Taiwan (Heito: Garanbi; Taihoku).

Syn.: *Chionaspis major* Cockerell, 1894; *Diaspis euphoriae* Grandpré & Charmoy, 1899; *Aulacaspis flacourtiae* Rutherford, 1914; *Diaspis* (*Aulacaspis*) *flacourtiae* (Grandpré & Charmoy, 1899); *Pseudaulacaspis flacourtiae* (Rutherford, 1914); *Unachionaspis major* (Cockerell, 1894); *Aulacaspis major* (Cockerell, 1894); *Diaspis major* (Cockerell, 1894); *Pseudaulacaspis hwangyensis* Chen, 1937; *Pseudaulacaspis euphorbiae* (Grandpré & Charmoy, 1899); *Pseudaulacaspis major* (Cockerell, 1894).

DISCUSSION

Based on the modern taxonomic system, the number of Diaspidinae species at TARI is 35. The present paper could be a database to set up the online information of scientific name, synonyms, host plants, distribution and digital archives through Digital Insect of TARI website (http://digiins.tari.gov.tw/) which will meet of the requirement of both basic and applied works and will be helpful to taxonomic researchers, quarantine inspector and farmers in the future.

ACKNOWLEDGMENTS

We would like to thank the National Science Council (grant number 100-2631-H-055-001) and Council of Agriculture, Executive Yuan (grant number 104AS-7.2.1-CI-C1) for financial support.

REFERENCES

Ben-Dov, Y. and D. Miller. 2014. ScaleNet: A database of the scale insects of the world. http://www.sel.barc.usda.gov/scalenet/scalenet.htm (visit on 2/12/2014)

Chou, I. 1982. Monograph of the Diaspididae of China. Vol. 1. Shanxi Publishing House of Science and Technology. Shanxi. 195 pp. (in Chinese)

Chu, Y. I. and T. Yamanaka. 1973. A check list of the present and old name of insect collect localities in Taiwan. J. Taiwan Mus. 16:31–72.

Chu, Y. I. and T. Yamanaka. 1974. A check list of the present and old name of insect collect localities in Taiwan (continued). J. Taiwan Mus. 17:51–120.

Chu, Y. I. and T. Yamanaka. 1975. A check list of the present and old name of insect collect localities in Taiwan (continued). J. Taiwan Mus. 17:121–150.

Cockerell, T. D. A. 1894. *Diaspis lanatus*. Entomol. News 5:43.

Cockerell, T. D. A. 1896a. Coccidae or scale insects. IX. Bull. Bot. Dep. Jamaica (n.s.) 3:256–259.

Cockerell, T. D. A. 1896b. X. Preliminary diagnoses of new Coccidae. Psyche 7:18–21.

Cockerell, T. D. A. 1897. Notes on scale insects. 2. Calif. Fruit Grower 20:4–5.

Cockerell, T. D. A. 1898. Two new scale-insects quarantined at San Francisco. Psyche 8:190–191.

Cockerell, T. D. A. 1899. Article VII. First supplement to the check-list of the Coccidae. Bull. Ill. Nat. Hist. Surv. 5:389–398.

Cockerell, T. D. A. 1902. The coccid genus *Aulacaspis*. Entomologist 35:58–59.

Cooley, R. A. 1897. New species of *Chionaspis*. Can. Entomol. 29:278–282.

Curtis, J. (Ruricola) 1843. Entomology- No. XLVII. The small white-scale, or oleander schield-bearer, *Aspidiotus nerii* (Bouche). Gard. Chronicle 34:588.

Doane, R. W. and G. F. Ferris. 1916. Notes on Samoan Coccidae with descriptions of three new species. Bull. Entomol. Res. 6:399–402.

Fernald, M. E. 1903. A Catalogue of the Coccidae of the World. Press of Carpenter & Morehouse. Amherst, MA. 374 pp.

Ferris, G. F. 1921. Some Coccidae from Eastern Asia. Bull. Entomol. Res. 12:211–220.

Green, E. E. 1896. Catalogue of Coccidae collected in Ceylon. Indian Mus. Notes 4:2–10.

Green, E. E. 1899. The Coccidae of Ceylon, Part II. Dulau. London. 234 pp.

Kuwana, I. 1926. The Diaspine Coccidae of Japan, IV, Genera Cryptoparlatoria, Howardia, Sasakiaspis, Diaspis, Aulacaspis, Pinnaspis and Prontaspis. Imperial Plant Quarantine Service. Yokohama, Japan. 44 pp.

Kuwana, I. 1931. The diaspine Coccidae of Japan, VI. Genus Phenacaspis. Sci. Bull. Minist. Agric. For. Jpn. Tokyo. 2:1–14.

MacGillivray, A. D. 1921. The Coccidae. Scarab. Urbana, IL. 502 pp.

Maskell, W. M. 1892. Further coccid notes: With descriptions of new species, and remarks on coccids from New Zealand, Australia and elsewhere. Trans. Proc. N. Z. Inst. 24:1–64.

Maskell, W. M. 1897. On a collection of Coccidae, principally from China and Japan. Entomol. Mon. Mag. 33:239–244.

Signoret, V. 1869. Essai sur les cochenilles ou gallinsectes (Homopteres-Coccides), 5e partie. Ann. Soc. Entomol. Fr. 9:431–452. (in French)

Takagi, S. 1970. Diaspididae of Taiwan based on material collected in connection with the Japan-U.S. Cooperative Science Programme, 1965 (Homoptera: Coccoidea). Part II. Insecta Matsumurana 33:1–146.

Takagi, S. 1985. The scale insect genus *Chionaspis*; a revised concept (Homoptera: Coccoidea: Diaspididae). Insecta Matsumurana (n.s.) 33:1–77.

Takagi, S. and S. Kawai. 1967. The genera *Chionaspis* and *Pseudaulacaspis* with a criticism on *Phenacaspis* (Homoptera: Coccoidea). Insecta Matsumurana 30:29–43.

Takagi, S., T. Y. Pongand, and K. S. Ghee. 1989. Beginning with *Diaulacaspis* (Homoptera: Coccoidea: Diaspididae): Convergence or effect? Insecta Matsumurana (n.s.) 42:143–199.

Takahashi, R. 1929. Observations on the Coccidae of Formosa, Part I. Formosa Govt. Res. Inst. Dept. Agric. Rept. 40. Taihoku. 80 pp.

Takahashi, R. 1931a. Descriptions of some new Formosan Coccidae (Rhynchota). Bull. Entomol. Res. 22:211–220.

Takahashi, R. 1931b. Some Coccidae of Formosa. Trans. Nat. Hist. Soc. Formosa 21:1–5.

Takahashi, R. 1933. Observations on the Coccidae of Formosa. Part III. Formosa Govt. Res. Inst. Dept. Agric. Rept. 60. Taihoku. 64 pp.

Takahashi, R. 1934. Observations on the Coccidae of Formosa, Part IV. Formosa Govt. Res. Inst. Dept. Agric. Rept. 63. Taihoku. 38 pp.

Takahashi, R. 1935. Observations on the Coccidae of Formosa. Part V. Formosa Govt. Res. Inst. Dept. Agric. Rept. 66. Taihoku. 37 pp.

Takahashi, R. 1936a. A new scale insect causing galls in Formosa (Homoptera). Trans. Nat. Hist. Soc. Formosa 26:426–428.

Takahashi, R. 1936b. Two interesting scale insects attacking the Lauraceae in Formosa (Hemiptera). Trans. Nat. Hist. Soc. Formosa 26:80–83.

Takahashi, R. 1940. Some Coccidae from Formosa and Japan (Homoptera). Part V. Mushi 13:18–28.

Takahashi, R. 1942a. Some Coccidae from Malaya and Hongkong (Homoptera). Trans. Nat. Hist. Soc. Formosa 32:63–68.

Takahashi, R. 1942b. Some Injurious Insects of Agricultural Plants and Forest Trees in Thailand and Indo-China. II. Coccidae. Report. Formosa Govt. Res. Inst. Dept. Agric. Rept. 81. Taihoku. 56 pp.

Tao, C. C. C. 1978. Check list and host plant index to scale insects of Taiwan, Republic of China. J. Agric. Res. China 27:77–141. (in Chinese with English abstract)

Tao, C. C. C. 1989. Scale insects name list of Taiwan, Republic of China. Bull. Taichung Dist. Agric. Improve. Stat. 22:57–70. (in Chinese with English abstract)

Wong, C. Y., S. P. Chen, and L. Y. Chou. 1999. Guidebook to Scale Insects of Taiwan. Agric. Res. Inst. Pub. No. 89. Taichung. 98 pp. (in Chinese)

農業試驗所昆蟲標本館盾介殼蟲科 (3)：盾介殼蟲亞科 (半翅目、胸喙亞目、介殼蟲總科：盾介殼蟲科) 標本名錄

陳淑佩 [1,*]　翁振宇 [2]　古琇芷 [3]

摘要

陳淑佩、翁振宇、古琇芷。2016。農業試驗所昆蟲標本館盾介殼蟲科 (3)：盾介殼蟲亞科 (半翅目、胸喙亞目、介殼蟲總科：盾介殼蟲科) 標本名錄。台灣農業研究 65(4):349–364。

本文羅列 7 屬 35 種 (435 片玻片標本) 行政院農業委員會農業試驗所館藏之盾介殼蟲亞科 [半翅目 (Hemiptera) 胸喙亞目 (Sternorrhyncha) 介殼蟲總科 (Coccoidea) 盾介殼蟲科 (Diaspididae)] 名錄，其中亦包含異名、寄主植物、採集分佈、存放標示及標本形態圖等資料。

關鍵詞：盾介殼蟲亞科、盾介殼蟲科、玻片標本、農業試驗所。

投稿日期：2015 年 12 月 17 日；接受日期：2016 年 1 月 11 日。
* 通訊作者：spchen@tari.gov.tw
[1] 農委會農業試驗所應用動物組副研究員。台灣 台中市。
[2] 農委會農業試驗所應用動物組前技工。台灣 台中市。
[3] 農委會農業試驗所應用動物組計畫助理。台灣 台中市。

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 65(4):365–373 (2016)
DOI: 10.6156/JTAR/2016.06504.02

研究報告

香蕉不同品種對於黃葉病之抗性評估

關政平[1] 林孟逸[2] 吳明哲[3] 陳涵葳[1,*]

摘要

關政平、林孟逸、吳明哲、陳涵葳。2016。香蕉不同品種對於黃葉病之抗性評估。台灣農業研究 65(4):365–373。

本研究以人工接種方式，比較「北蕉」、「新北蕉」、「台蕉 5 號」、'Gros Miche'、「南華蕉」及「玫瑰蕉」等 6 種受試香蕉品種，對香蕉黃葉病之耐受程度。試驗以出瓶後 5 wk 大小一致之蕉苗進行接種，追蹤接種後黃葉率、罹病率；此外，針對接種黃葉病原之香蕉假莖褐化部位進行定量分析，並配合即時聚合酶鏈鎖反應技術檢測接種後香蕉假莖內病原菌之含量，作為耐病程度之量化評估。結果顯示「玫瑰蕉」為 6 種供試品種中相對最抗黃葉病的品種，而 'Gros Michel' 為相對最為感病之品種。

關鍵詞：香蕉、香蕉黃葉病、巴拿馬病、耐病性。

前言

香蕉黃葉病又稱巴拿馬病 (Panama disease)，係由 *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (簡稱 Foc) 侵染香蕉造成，屬土壤傳播病原菌，可透過灌溉水或是以感染之土壤等方式傳播 (O'Donnell *et al*. 1998)。Foc 又可分為 4 個生理小種 (race)，其中以第 4 型生理小種對「華蕉」('Cavendish', AAA group) 之生長發育及產量上造成負面影響最嚴重 (Hwang & Ko 2004)。病原菌侵染香蕉的過程是透過根部微管束入侵植物體，造成木質部阻塞，進而使得香蕉葉片無法獲取水分而黃化萎凋 (Li *et al*. 2013b)。典型的黃葉病是從下位葉開始黃化，由葉片上的葉脈開始直至整片葉片萎凋 (Nelson *et al*. 1994; Ploetz 2006)。其病徵除了外觀上觀察到的黃葉現象外，假莖褐化也是常用於鑑定黃葉病病徵指標之一 (Ghag *et al*. 2012; Chen *et al*. 2013)。目前，尚未有研究針對此病害提出完全有效的防治方法，因此，為了降低黃葉病害對香蕉產量的負面影響，篩選出抗病或耐病之香蕉品種為解決方法之一 (Buddenhagen 2009)。

台灣高屏地區自 1967 年開始發生黃葉病，財團法人香蕉研究所 (以下簡稱「蕉研所」) 除推廣組織培養健康蕉苗外，亦推動病園水稻輪作，有效降低當時蕉園廢耕問題，並且利用病區選種、國外引種與組織培養蕉苗抗病篩選等方式，培育抗病植株，「新北蕉」(*Musa* spp. 'Fromosana', AAA genome) 據此成功自「北蕉」(*Musa* spp. 'Pei-Chiao', AAA genome) 變異苗中篩選出來。根據蕉研所於 1990 年春季，在中南部試種 40 ha，「新北蕉」黃葉病發病率為 4.3%，顯著低於「北蕉」之黃葉病發病率 25.5% (Taiwan Banana Research Institute 2002)。'Gros Michel' (AAA genome) 曾經是全球最主要的外銷品種，但 1950 年代卻遭香蕉黃葉病病原菌大肆摧毀，尤以中美洲受害最深。「玫瑰蕉」(Rose, AA genome)，於 1995 年自比利時國際香蕉種原中心引進，研究報

投稿日期：2015 年 11 月 9 日；接受日期：2016 年 1 月 19 日。
* 通訊作者：swaychen@tari.gov.tw
[1] 農委會農業試驗所生物技術組助理研究員。台灣 台中市。
[2] 農委會農業試驗所生物技術組研究助理。台灣 台中市。
[3] 財團法人農業科技研究院植物科學研究所所長。台灣 新竹市。

告指出「玫瑰蕉」為抗黃葉病品種 (Chao *et al*. 2009)。「台蕉 5 號」(*Musa* spp. ‘Tai Chaio No. 5’, AAA genome)，中文俗稱為「玉山」，親本為「台蕉 3 號」，來源株系亦為「北蕉」。「台蕉 5 號」新植與宿根栽培抗病性試驗中指出，相較「北蕉」宿根栽培發病率 78.6%，「台蕉 5 號」僅有 16.5% 之發病率，顯示「台蕉 5 號」對香蕉黃葉病俱有中抗性 (Taiwan Banana Research Institute 2002)。「華南蕉」(‘Kluai Namwa’ 或稱 ‘Pisang Awak’, ABB genome)，與 AAB 型的「呂宋蕉」(‘Latundan’)、「假呂宋蕉」(‘Mysore’)、AAA 型的「紅皮蕉」(‘Morado’) 在台灣山區栽培較多，通稱為「芭蕉」，植株粗壯適應性強，耐旱抗病，「華南蕉」對 Foc race 1 抗病，但對 Foc race 4 則感病 (Li *et al*. 2013a)。

由於 Foc 為土壤傳播真菌，若發生在香蕉栽培田區經常不易根除。為了分辨不同生理小種，利用分生方法使用序列特徵化增幅區域 (sequence characterized amplified region; SCAR) 等技術找尋專一性引子並利用聚合酶連鎖反應 (polymerase chain reaction; PCR) 方式進行核酸增幅，成功放大 race 4 專一性片段，可達到鑑定並區分 Foc 不同生理小種之目的 (Lin *et al*. 2009)。其他檢測 Foc 的技術亦被應用，包括 PCR、real-time PCR (Lin *et al*. 2013)、環型恆溫核酸增幅法 (loop-mediated isothermal amplification; LAMP) (Das *et al*. 2012)、real-time fluorescence LAMP (Lin *et al*. 2013) 等。此外，亦有使用盆苗篩選抗黃葉病之香蕉品種的系統 (Ghag *et al*. 2012; Chen *et al*. 2013)。

本研究嘗試建立香蕉黃葉病快速篩選流程，並利用此篩選系統將 6 種不同香蕉品種依照耐黃葉病的程度分群，研究內容包含：確認病原菌之病原性、接種方法與條件、黃葉病發病指標、發病時間等。另外，本研究也建立 PCR、real-time PCR 等方式檢驗黃葉病原菌於菌土中之存在有無，或於香蕉品種中建立黃葉病菌的定量方式，以作為品種間發病程度的比較及應用於黃葉病害感染之檢測評估。

材料與方法

香蕉材料

本試驗所使用的「北蕉」、「新北蕉」、‘Gros Michel’ 及「台蕉 5 號」小苗購自台灣香蕉研究所，「南華蕉」與「玫瑰蕉」吸芽則購自集優農場 (台灣南投市)；小苗或吸芽經無菌處理與組織培養繼代繁殖後，挑選苗齡約 1 mo 大小一致瓶苗，培養於 B3 固態培養基 (1/2 MS salts, 340 mg L^{-1} NaH_2PO_4•H_2O, 160 mg L^{-1} adenine sulfate, 3% sucrose, pH 5.5, 0.7% agar)，於 25℃ ± 2℃、12 h 光照環境下培養，待小植株發根後出瓶，定植於 3 吋盆放置溫室馴化，5 wk 後選取株高一致且葉數接近的小苗進行接種試驗。

接種方法與條件

Foc 接種試驗參考 Tripathi *et al*. (2008) 及 Twizeyimana *et al*. (2007) 在實驗室內建立之平台。Foc 病原菌 (TBRI-3) 取自蕉研所。Foc 之繼代培養係是使用 Difco™ Potato Dextrose Agar (Difco, USA) 培養基。栽培介質培養方式為：Foc 菌塊於 Difco™ Potato Dextrose Broth (PDB, USA) 液態培養 1 wk (28℃, 150 rpm) 後於無菌操作台操作下使用 Cheese cloth 過濾去除菌絲，並搜集過濾後孢子液。利用離心法去除培養基。使用無菌水回溶孢子並利用血球計數器計算孢子濃度，調整孢子液至試驗濃度 10^7 spores mL^{-1}。所有栽培介質皆經高溫高壓滅菌處理 (121℃, 20 min)，混合比例為根基旺：玉米粉：Foc 孢子濃度 107 spores mL^{-1} = 2500：131：500 (mL) 後密封，於 28℃培養 1 mo。將培養 1 mo 之菌土：無菌根基旺 = 1：3 混合過篩後使用。接種時，將蕉苗移植至栽培介質中，培養於溫室 (溫度 25–28℃)，每個處理之香蕉品種為 5 株，並含有未處理之負對照組，重複試驗至少 3 次。為避免 Foc 於土壤中的含量因澆水或環境因素逐漸減少，我們於香蕉接種黃葉病菌 7 d 後，開始每週於栽培介質中加入 1 次 20 mL pot^{-1} 之 10^7 spores mL^{-1} 之 Foc 懸浮液，並在 1 wk 內澆灌適量的 RO 水 2 次，1 次含量約為 30–40 mL pot^{-1}。

DNA 抽取 PCR 與 qPCR 檢測香蕉黃葉病菌

使用 MasterPure™ Complete DNA&RNA Purification Kit (EPICENTRE, Madison, WI, USA) 抽取 DNA。PCR 與 real-time PCR 反應使用之引子為 Foc-1：5’-CAGGGGATGTATGAGGAGGCTAGGCTA 以及 Foc-2：5’-GTGACAGCGTCGTCTAGTTCCTTGGAG (Lin *et al*. 2009)。進行 PCR 反應，每個反應之總體積為 25 µL，分別加入 2.5 µL 10× PCR buffer、2 µL 2.5 µM dNTP、2 µL 10 µM primer、0.5 µL ProTaq DNA polymerase。PCR 反應使用之試劑：Pro Tag Plus (Protech，波士特，台灣)。PCR 條件為：95℃ 2 min，接著 95℃ 30 s、60℃ 30 s、72℃ 30 s，共 40 個循環後進行 72℃ 7 min。即時聚合酶連鎖反應使用試劑為 KAPA SYBR® FAST qPCR Kits (Kapa Biosystems, Woburn, MA, USA)，反應配方參考原廠建議濃度。混合反應試劑後使用 ABI PRISM® 7500 Sequence Detection System (Applied Biosystem, USA) 進行反應，反應條件為 50℃ 2 min 後接著進行 40 次的循環反應，此循環反應條件為 95℃ 30 s 及 60℃ 40 s。40 個循環反應後接著進行 dissociation cycle：95℃ 15 s、60℃ 1 min、95℃ 15 s 及 60℃ 15 s，確認放大片段專一性。反應後將所得的結果匯入 Excel 進行計算和資料處理。Foc 標準曲線是利用序列稀釋後的 Foc 基因組 DNA (genomic DNA; gDNA) 為模板，進行即時聚合酶連鎖反應，模板 DNA 的濃度取對數值後與相對應的 Ct 值作線性迴歸，即可得到濃度與 Ct 值之關係式。

黃葉病之病徵判斷

本試驗所使用的香蕉黃葉病病癥判斷方法有三，包括黃葉率、罹病指數及假莖褐化率，判定方式分述如下：

$$\text{黃葉率 (chlorosis, \%)} = \frac{\text{葉片黃化數}}{\text{全株葉片數}} \times 100\%$$

罹病嚴重程度 (disease severity index; DSI)，判定標準與分級如表 1 所列。

$$\text{假莖褐化率 (corm discoloration, \%)} = \frac{\text{假莖切面褐化面積}}{\text{假莖切面總面積}} \times 100\%$$

香蕉假莖褐化率材料取樣自試驗栽培 61 d 之蕉苗假莖基部，拍攝假莖縱剖面照片，並利用 Image J 軟體 (http://imagej.nih.gov/ij/) 分析切面總面積與褐化面積。

結果

香蕉黃葉病原之定性與定量檢測

Foc 病原菌來自蕉研所，每隔 1 mo 利用單胞分離技術培養於 PDA 培養基，待 10–14 d 後以無菌水將菌株孢子洗出備用。Foc 病原菌定性檢測是以聚合酶連鎖反應增幅目標片段，Foc-1 與 Foc-2 引子對可專一性增幅台灣 Foc 第 4 生理小種 242 bp 片段，瓊脂膠體電泳分離結果顯示，此方法能快速鑑定培養基單孢培養或帶菌土壤中的 Foc (圖 1)。此外，為建立 Foc 病原定量檢測方法，本試驗利用即時聚合酶連鎖反應技術，分別偵測 5×10^{0}、5×10^{-1}、5×10^{-2}、5×10^{-3} 與 5×10^{-4} ng Foc 基因組 DNA，繪製檢量標準線 (圖 2)，Foc 濃度以對數方式表示 (log of Foc concentration) 與 Ct (threshold cycle) 呈現線性關係，透過直線迴歸分析，結果顯示斜率為 -3.8751，截距為 23.854，檢量線決定係數 (R^2 value) 達 0.99 以上，可應用於 Foc 病原之定量分析。

表 **1.** 黃葉病之罹病嚴重程度。

Table 1. Disease severity index of Fusarium wilt disease.

Score	Appearance
0	No visible symptoms
1	0–1/4 leaves wilted or yellowed
2	1/4–1/3 leaves wilted or yellowed
3	1/3–1/2 leaves wilted or yellowed
4	1/2–3/4 leaves wilted or yellowed
5	All leaves wilted/plant dead

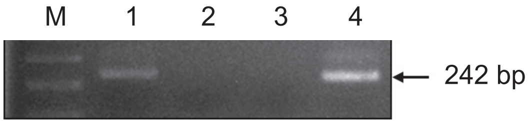

圖 1. 以核酸增幅方式鑑定 *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* race 4 isolate (Foc) 利用專一性引子放大 Foc 片段用於鑑定實驗室培養之 FOC。從土壤中 (Lane 1)、無 Foc 接種之土壤 (Lane 2 and 3) 及 Foc 菌絲塊 (Lane 4)。接著，使用抽取之 100 ng DNA 當作模板進行 40 次循環之 PCR。PCR 結果顯示於 2% DNA 膠電泳圖。黑色箭頭指的是 Foc 放大後的片段大小位置。

Fig. 1. Identification of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* race 4 isolate (Foc). Specific primer sets amplifying Foc fragments were used to identify cultured Foc. Total DNA was extracted from inoculated soil (lane 1), Foc-free soil (lanes 2 and 3), and one sliced of Foc cultured medium (lane 4). Following, 100 ng of extracted DNA were used as templates to perform 40 cycles of PCR. Results were shown after gel electrophoresis. Black arrow indicates the position of amplified Foc fragments (242 base pairs) on 2% of DNA gel.

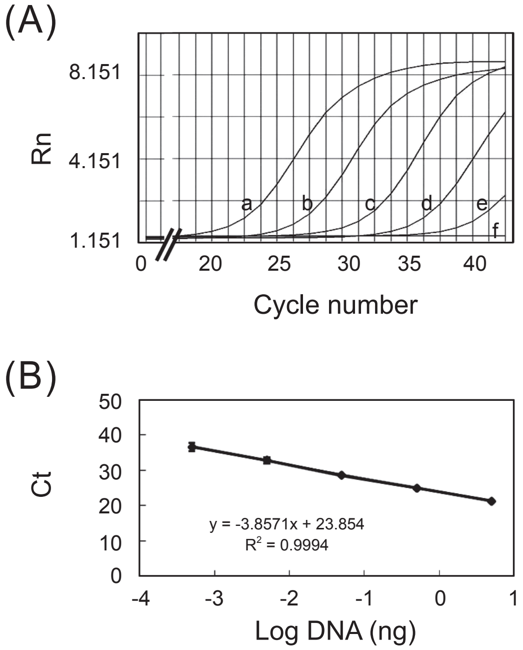

圖 2. 以 qPCR 增幅 Foc 全 DNA 進行靈敏度試驗。(A) 由 qPCR 增幅曲線評估 Foc DNA 濃度之靈敏度。a：5 ng，b：5×10^{-1} ng，c：5×10^{-2} ng，d：5×10^{-3} ng，e：5×10^{-4} ng，f：5×10^{-5} ng。Rn：螢光訊號。(B) 由 Ct 值與 Foc 對應 log DNA 濃度得到之標準曲線。

Fig. 2. Amplification plot and stand curve of Foc detection by qPCR assay. (A) To estimate the sensitivity of qPCR assay for Foc detection. Amplification curves from “a” to “e” were generated by qPCR analysis after using 5 ng (curve a), 5×10^{-1} ng (curve b), 5×10^{-2} ng (curve c), 5×10^{-3} ng (curve d), and 5×10^{-4} ng (curve e), and 5×10^{-5} ng (curve f) of Foc gDNA as templates. Rn, fluorescence signal normalized with passive reference dye signal. (B) Standard curve was generated by plotting values of threshold cycles (Ct) versus logarithm of DNA concentration of Foc (ng).

香蕉黃葉病原致病性檢測

為確保單孢分離培養之 Foc 病原具有致病性，香蕉黃葉病原致病性檢測以容易感病之 ‘Gros Michel’ 品種為材料，接種之帶菌栽培介質製備時固定加入 10^7 spores mL^{-1} 之孢子懸浮液，使接種效果一致。接種後 1 mo 即可見 ‘Gros Michel’ 下位葉開始黃化，黃葉率隨接種天數增加而上升，接種後 70 d 除下位葉黃化、掉落外，新葉生長緩慢 (圖 3B)，假莖縱切後亦可見基部維管束褐化病徵。

不同香蕉品種對黃葉病之抗性評估

為釐清「南華蕉」、「玫瑰蕉」、「新北蕉」、「台蕉 5 號」、「北蕉」以及 ‘Gros Michel’ 等 6 個品種蕉苗對黃葉病抗性評估，選取大小一致的組織培養苗種植於 Foc 帶菌栽培介質中，定期記錄植株接種後下位葉黃化之比例。依據黃葉率統計結果顯示，接種後 40 d，「南華蕉」和 ‘Gros Michel’ 發病快，黃葉率顯著較其他品種高 ($P < 0.05$)；而接菌後 53 d，「南華蕉」、「台蕉 5 號」、「北蕉」、‘Gros Michel’ 等香蕉品種相繼發病，「玫瑰蕉」和「新北蕉」的黃葉率則低於其他 4 個品種，差異具有顯著性 ($P < 0.05$) (圖 4A)。此外，罹病指數由 disease severity index 調查計算結果與黃葉率的結果俱一致性的結果 (圖 4B)。除了黃葉率與罹病指標外，假莖褐化程度亦可作為黃葉病罹病評估指標之一。將試驗後 61 d 的蕉苗挖出，去除土壤與多餘根系後，進行假莖基部 (corm) 縱切觀察，結果顯示栽培於無病原土壤的 6 品種蕉苗，假莖均呈健康之乳白色，而栽培於帶菌土壤 61 d 後，只有「玫瑰蕉」的假莖基部仍為乳白色，其餘 5 個品系蕉苗則呈現不同程度之褐化現象 (圖 5)；為比較不同品種蕉苗間假莖

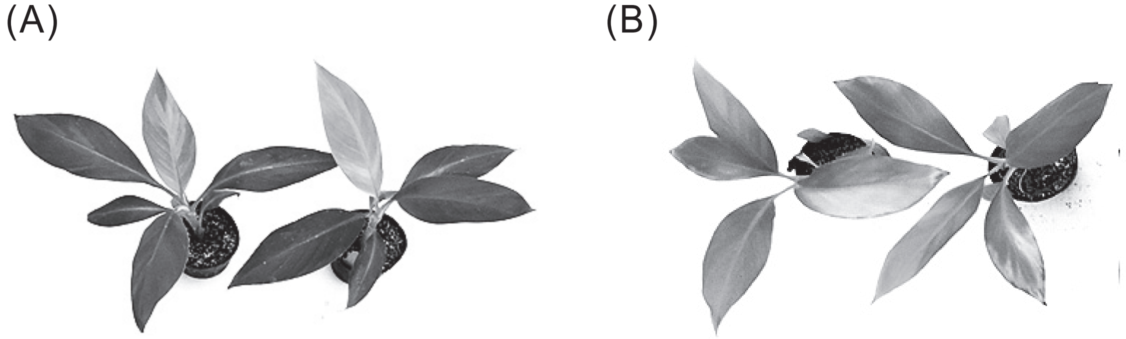

圖 3. Foc 致病性測試。種植於無帶菌土 (A) 和帶菌土後 70 d (B) 之 'Gros Michel' 植株鳥瞰圖，植株培養於溫室 (25–28℃)。

Fig. 3. Pathogenicity test of Foc on banana cultivar 'Gros Michel'. Bird view of phenotypes of 'Gros Michel' cultivated in Foc-free soil (A) and Foc infected soil (B) in greenhouse. Photos were taken at 70 days post Foc inoculation.

基部褐化之差異，本試驗利用 Image J 軟體將圖像資料進行量化分析，結果顯示 'Gros Michel' 假莖基部褐化最為嚴重，而「玫瑰蕉」則無褐化現象，量化數值差異顯著 ($P < 0.05$) (表 2)；利用即時聚合酶連鎖反應檢測 6 品種蕉苗，假莖基部 Foc 基因組 DNA 含量，除「玫瑰蕉」外，「北蕉」、「新北蕉」、「台蕉 5 號」、'Gros Michel' 及「華南蕉」等均檢測出 Foc 存在 (表 2)。上述結果顯示在本試驗的條件下，「玫瑰蕉」為受試 6 品種蕉苗中最為抗病。

討論

本試驗參考蕉研所的黃葉病接種方法 (Tang *et al*. 2002) 後做了部分修改，包括：(1) 帶菌介質之製備：Tang *et al*. 將 Foc 菌絲接種於介質中進行 3 wk 的菌絲增殖；而本試驗為了固定每批帶菌介質的菌量，於製備時加入定量的 Foc 孢子懸浮液，培養 1 mo。(2) 接種方法：Tang *et al*. 將帶菌介質與砂土混合後取 10 mL 體積置於盆底，再將蕉苗連根帶介質移入盆中；本試驗則是將帶菌介質與固定比例之根基旺充分混合均勻後分裝於盆缽，將除去母盆栽培介質的蕉苗根部洗淨後再植入帶菌介質盆中。(3) 受試蕉苗之苗齡：根據蕉研所黃葉病接種試驗結果顯示，北蕉 1 mo 苗齡蕉苗發病率較 3 mo 苗齡高；本試驗以出瓶後 5 wk 大小一致之蕉苗進行試驗。本試驗以修改後的黃葉病接種條件，對 6 品種香蕉之黃葉病耐受性進行評估，結果顯示在為期 2 mo 的試驗中，「新北蕉」比「北蕉」更為耐病，此結果與過去蕉研所發表之文獻結果相仿 (Tang *et al*. 2002)。然而，種植於帶菌栽培介質 53 d 後，在本試驗的篩選條件下，「台蕉 5 號」的耐病性與「北蕉」則無顯著性差異；可能是因為修改後的接種方法較為嚴苛，試驗中所使用的帶菌介質孢子含量多且平均分散，接種時清洗根部所造成的表皮傷口，可增加受試蕉苗根部與 Foc 病原接觸機會。此外，本試驗使用 5 wk 之蕉苗，苗齡小發病較嚴重。Tang *et al*. 採用較溫和的接種方法，可避免早期篩選壓力過大而丟失耐病苗株，但本試驗擬藉由較強的篩選壓力，得到較為明確的病癥，有利於後續耐病評估方法的建立。本試驗結果亦顯示，'Gros Michel' 為感病品種，而玫瑰蕉在為受試品種中最為抗病，2009 年 Chao *et al*. (2009) 對 6 種二倍體芭蕉品種抗黃葉病能力評估研究中，亦指出「玫瑰蕉」對黃葉病具有抗性。

由本試驗不同檢測方法結果得知，香蕉黃葉病不能僅憑單一種檢測方式判定；例如「玫瑰蕉」的下位葉子容易因生理老化或水分變化而發生黃化現象，但這並非黃葉病的典型黃葉病徵，若只用黃葉率來進行罹病檢定，則容易出現偽陽性結果。因此，2 個以上的罹病評估指標可有效提升判定準確性。本試驗除了黃葉率外，還利用罹病嚴重程度指標、假莖褐化率

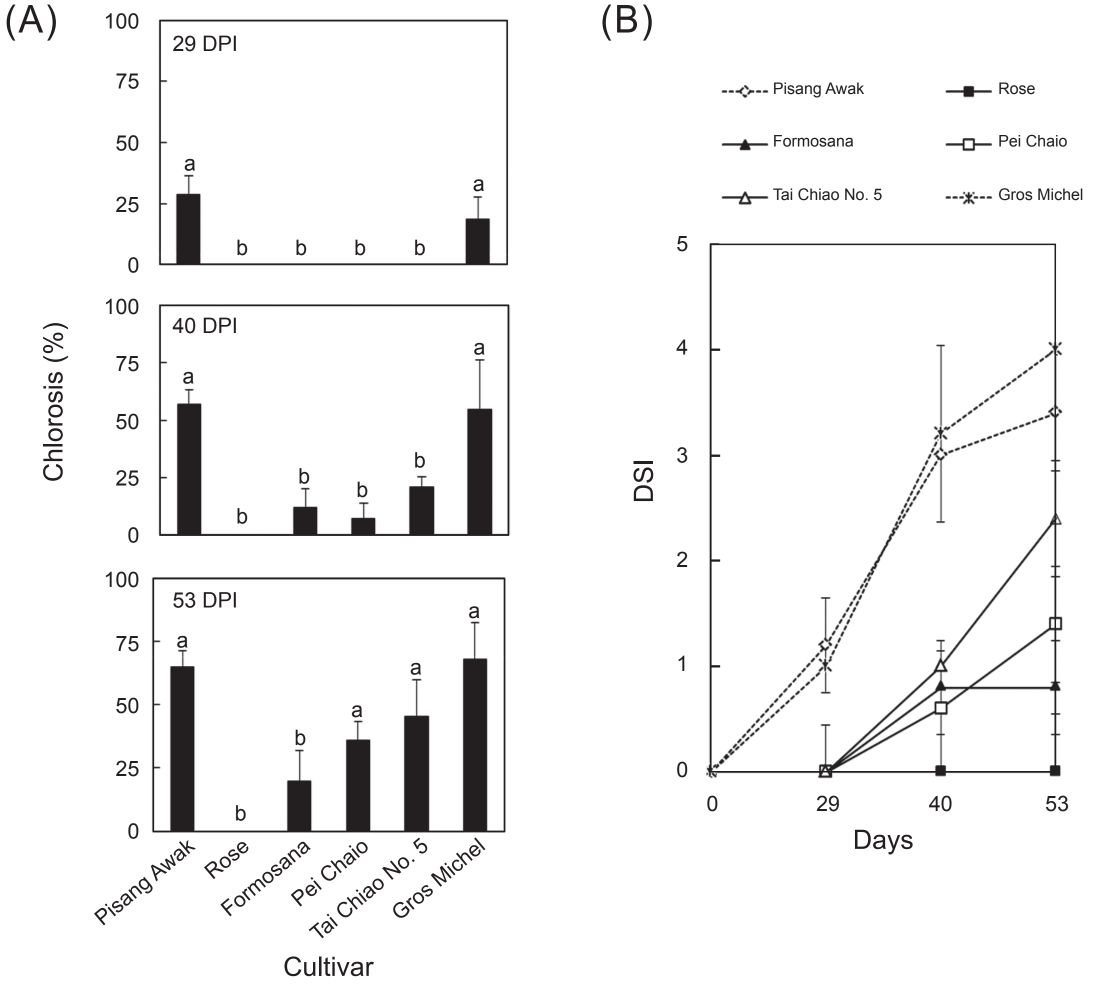

圖 4. 不同香蕉品種之黃葉率與罹病嚴重程度。(A) 種植後 29、40 與 53 d 之蕉苗黃葉率，資料經由 ANOVA 和 Tukey’s test 計算後資料間俱有顯著性差異則標示 a、b (α = 0.05)，試驗進行 5 重複。(B) 6 個品種於不同時間點之罹病嚴重程度，調查的方式依照表 1。

Fig. 4. Percentage of chlorosis leaves and disease severity index of 6 cultivars after cultured at Foc infected soil. (A) Percentage of yellowing leaves per seedlings was estimated at 40, 29 and 53 dpi. Error bar represents standard deviation of 5 replicates. Data were analyzed by one-way ANOVA and Tukey’s test. Groups with different alphabets represents a statistically significant difference among them (α = 0.05). (B) Disease severity index (DSI) of 6 cultivars. Values of DSI obtained from Foc infected bananas were estimated according to the criterion addressed in Table 1.

以及 qPCR 等方式進行罹病檢定，希望可藉由不同檢定方法量化罹病程度。在本試驗條件下，假莖褐化率與 qPCR 的判斷結果較外觀鑑別準確，且結果可進行量化評估。應用 qPCR 方式進行病害檢測，具有簡便、準確、再現性高等特點，目前已廣泛應用於真菌性病害的檢測 (McCartney *et al*. 2003)。以 qPCR 檢測接種灰黴病 (*Botrytis cinerea*) 之天竺葵葉圓片，接種後 0–96 h 雖尚未出現病徵，但已可測得病原菌 IGS 序列，配合天竺葵內生基因片段作為內控制組 (internal control) 即可進行定量 (Suarez *et al*. 2005)；感染十字花科黑斑病 (*Alternaria brassicicola*) 的阿拉伯芥，亦可利用 qPCR 方式偵測病葉中病原菌 Cutinase A 基因進行定量，但感染後期植物細胞開始死亡後，病原菌生物量便不與植物內生基因含量相

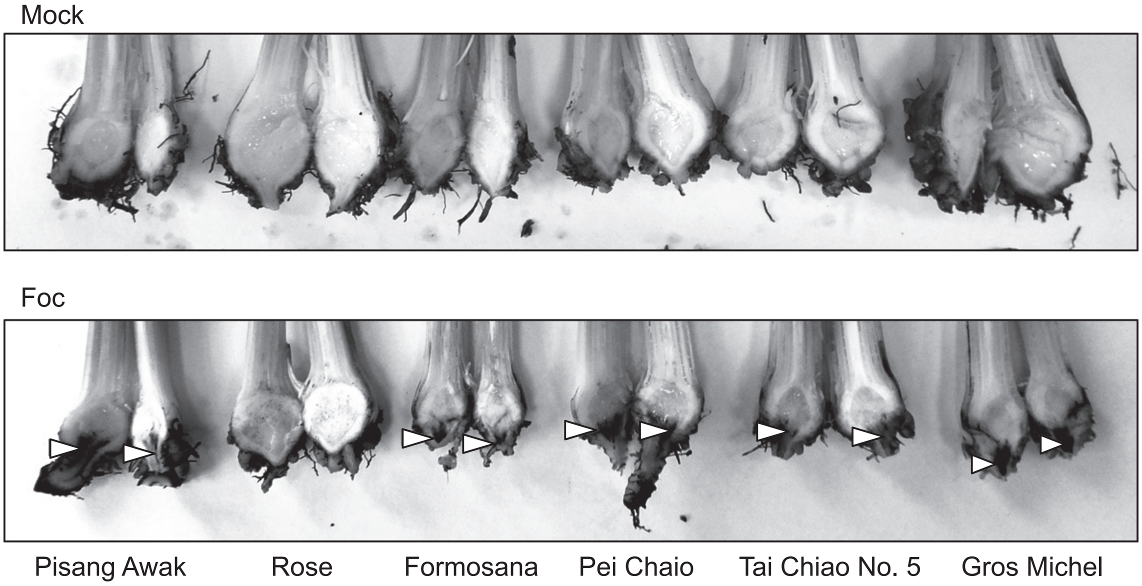

圖 5. 不同香蕉品種假莖縱切之檢測。檢測在 6 個品種於無 Foc 和有 Foc 之土壤種植 61 d 後之內部病徵。箭頭指出假莖褐化的部位。

Fig. 5. Cross section through the base of 6 banana cultivars. Internal symptoms of 6 cultivars were examined after inoculated by ddH_2O (mock) or Foc for 61 days. Arrow indicates discolored region.

表 2. 6 種不同香蕉品種中 Foc 之含量與假莖基部褐化程度。

Table 2. Detection and quantification of Foc in corms for 6 cultivars of banana.

Cultivar	Discoloration[z] (%)	Foc concentration[y] (10^{-2} ng)
Pisang Awak	26.3 ± 4.6 ab	1.3 ± 0.5 a
Rose	0 c	ND
New Pei Chiao	13.5 ± 5.5 bc	1.2 ± 0.5 a
Pei Chiao	17.8 ± 7.5 ab	2.5 ± 1.0 a
Tai Chiao No. 5	23.4 ± 4.9 ab	3.3 ± 1.8 a
Gros Michel	33.7 ± 7.4 a	4.5 ± 2.2 a

[z] Discolored region and total area of corm was determined by Image J. Percentage of discolored area = (discolored region/total corm area) × 100%. Mean ± standard error (n = 3). Means followed by the same letter(s) within each column are not significantly different at 5% level by LSD test.

[y] Concentration of Foc in corm (50 mg) was estimated by qPCR and Ct values of each reaction was calculated by using equation shown in Fig. 2B. Mean ± standard error (n = 3), ND represents the Foc concentration is lower than the detection limit. Means followed by the same letter(s) within each column are not significantly different at 5% level by LSD test.

關 (Gachon & Saindrenan 2004)。由於 Foc 在感染初期仍屬於半活體寄生 (hemibiotrophic) 型，由植物根部進入維管組織系統後，Foc 轉變為腐生 (necrotrophic) 型真菌，可能造成維管束細胞死亡。故本試驗 qPCR 定量檢測並未加入內控制組作為對照，而是固定採樣 50 mg 之假莖基部材料，受試蕉苗除「玫瑰蕉」測不到 Foc 外，其他受試品種均可測得 Foc，「新北蕉」與「南華蕉」分別測得 1.2×10^{-2} 及 1.3×10^{-2} ng，較「北蕉」、「台蕉 5 號」及 ‘Gros Michel’ 為低，但差異不顯著。原因是「北蕉」、「台蕉 5 號」及 ‘Gros Michel’ 的偵測誤差較大，推斷 qPCR 的檢測方法靈敏度高，更適合感染初期偵測，配合植物內生基因作為內控制對照才能有效定量。本試驗利用 6 品種香蕉苗進行黃葉病耐病試驗，並由 3 種不同的檢測方式，

包含黃葉率、假莖褐化程度、qPCR 之技術證明「玫瑰蕉」為6品種中最抗病之品種，而 'Gros Michel' 為 6 品種中最感病之品種。

誌謝

本研究計畫經費來自行政院農業委員會科技計畫 (103–104 農科-6.3.2-農-C1) 補助試驗經費，謹此致謝。

引用文獻

Buddenhagen, I. 2009. Understanding strain diversity in *Fusarium Oxysporum* f. sp. *cubense* and history of introduction of 'Tropical Race 4' to better manage banana production. Acta Hort. (ISHS) 828:193–204.

Chao, C. P., S. Y. Lee, Y. Y. Su, and C. S. Chiou. 2009. Study on six kinds of banana AA varieties of horticultural traits in Taiwan. p.21–26. *in*: Proceedings of the Fourth Symposium on Horticulture in Both Sides of the Taiwan Straits. November 11, 2009. Pingtung, Taiwan. National Pingtung University of Science and Technology Publ., Pingtung, Taiwan. (in Chinese)

Chen, Y. F., W. Chen, X. Huang, X. Hu, J. T. Zhao, Q. Gong, X. J. Li, and X. L. Huang. 2013. Fusarium wilt-resistant lines of Brazil banana (*Musa* spp., AAA) obtained by EMS-induced mutation in a micro-cross-section cultural system. Plant Pathol. 62:112–119.

Das, A., B. Shawn, and M. T. Mcintosh. 2012. Development of a loop-mediated isothermal amplification assay for rapid detection of capripoxviruses. J. Clin. Microbiol. 50:1613–1620.

Gachon, C. and P. Saindrenan. 2004. Real-time PCR monitoring of fungal development in *Arabidopsis thaliana* infected by *Alternaria brassicicola* and *Botrytis cinerea*. Plant Physiol. Biochem. 42:367–371.

Ghag, S. B., U. K. S. Shekhawat, and T. R. Ganapathi. 2012. Petunia floral defensins with unique prodomains as novel candidates for development of fusarium wilt resistance in transgenic banana plants. PLoS One 7:1–11.

Hwang, S. C. and W. H. Ko. 2004. Cavendish banana cultivars resistant to Fusarium wilt acquired through somaclonal variation in Taiwan. Plant Dis. 88:580–588.

Li, C., J. Shao, Y. Wang,W. Li, D. Guo, B. Yan, Y. Xia, and M. Peng. 2013a. Analysis of banana transcriptome and global gene expression profiles in banana roots in response to infection by race 1 and tropical race 4 of *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense. BMC Genomics 14:851.

Li, C. Y., G. Mostert, C. W. Zuo, I. Beukes, Q. S. Yang, O. Sheng, R. B. Kuang, Y. R. Wei, C. H. Hu, L. Rose, P. Karangwa, J. Yang, G. M. Deng, S. W. Liu, J. Gao, A. Viljoen, and G. J. Yi. 2013b. Diversity and distribution of the banana wilt pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* in China. Fungal Genom. Biol. 3:1–6.

Lin, Y. H., C. C. Su, and C. P. Chao. 2013. A molecular diagnosis method using real-time PCR for quantification and detection of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* race 4. Eur. J. Plant Pathol. 135:395–405.

Lin, Y. H., J. Y. Chang, E. T. Liu, C. P. Chao, J. W. Huang, and P. F. Chang. 2009. Development of a molecular marker for specific detection of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* race 4. Eur. J. Plant Pathol. 123:353–365.

McCartney, H. A., S. J. Foster, B. A. Fraaije, and E. Ward. 2003. Molecular diagnostics for fungal plant pathogens. Pest Manag. Sci. 59:129–142.

Nelson, P. E., M. C. Dignani, and E. J. Anaissie. 1994. Taxonomy, biology, and clinical aspects of Fusarium species. Clin. Microbiol. Rev. 7:479–504.

O'Donnell, K., H. C. Kistler, E. Cigelnik, and R. C. Ploetz. 1998. Multiple evolutionary origins of the fungus causing Panama disease of banana: Concordant evidence from nuclear and mitochondrial gene genealogies. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 95:2044–2049.

Ploetz, R. C. 2006. Fusarium wilt of banana is caused by several pathogens referred to as *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. Phytopathology 96:653–656.

Suarez, M. B., K. Walsh, N. Boonham, T. O'Neill, S. Person, and I. Barker. 2005. Development of real-time PCR (TaqMan®) assays for the detection and quantification of *Botrytis cinerea* in planta. Plant Physiol. Biochem. 43:890–899.

Taiwan Banana Research Institute. 2002. 2001 Annual Report. Taiwan Banana Research Institute. Pingtung, Taiwan. 79 pp. (in Chinese)

Tang, C. Y., S. Y. Lee, and C. H. Tai. 2002. A net-house method for the mass screening of resistance to fusarium wilt in banana and its efficiency in clonal selection. J. Chinese Soc. Hort. Sci. 48:309–318 (in Chinese)

Tripathi, L, J. Odipio, J. Tripathi, and G. Tusiime. 2008. A rapid technique for screening banana cultivars for resistance to Xanthomonas wilt. Eur. J. Plant Pathol. 121:9–19.

Twizeyimana, M., P. S. Ojiambo, A. Tenkouano, T. Ikotun, and R. Bandyopadhyay. 2007. Rapid screening of *Musa* species for resistance to black leaf streak using *in vitro* plantlets in tubes and detached leaves. Plant Dis. 91:308–314.

Evaluation of Banana Cultivars Resistance to *Fusarium* Wilt Disease

Cheng-Ping Kuan[1], Meng-Yi Lin[2], Min-Tze Wu[3], and Han-Wei Chen[1,*]

Abstract

Kuan, C. P., M. Y. Lin, M. T. Wu, and H. W. Chen. 2016. Evaluation of banana cultivars resistance to *Fusarium* wilt disease. J. Taiwan Agric. Res. 65(4):365–373.

In this study, for comparing different levels of tolerance in banana species to *Fusarium* wilt disease, several cultivars, i.e., 'Pei Chaio', 'Formosana', 'Tai Chiao No. 5', 'Gros Michel', 'Pisang Awak', and 'Rose', which were commonly cultivated in Taiwan, were inoculated artificially with *Fusarium* pathogen. Percentages of chlorosis were estimated after culturing two-month-old seedlings of bananas in *Fusarium*-inoculated soil in greenhouse. Besides, we examined browning region of corm sections of Foc-inoculated plants quantitatively and qualitatively and estimated the amounts of Foc in each corm section by real-time PCR method. Results showed that cultivar 'Rose' was the more resistant cultivar among six cultivars while 'Gros Michel' was the more susceptible cultivar.

Key words: Banana, *Fusarium* wilt, Panama disease, Tolerance.

Received: November 9, 2015; Accepted: January 19, 2016.
[*] Corresponding author, e-mail: swaychen@tari.gov.tw
[1] Assistant Research Fellows, Biotechnology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.
[2] Research Assistant, Biotechnology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.
[3] Director, Plant Technology Laboratories, Agricultural Technology Research Institute, Hsinchu, Taiwan, ROC.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 65(4):374–383 (2016)
DOI: 10.6156/JTAR/2016.06504.03 研究報告

四種小黃瓜品種對棉蚜 [*Aphis gossypii* (Glover)] 之防禦效果

董耀仁 [1] 黃紹毅 [2,*]

摘要

董耀仁、黃紹毅。2016。四種小黃瓜品種對棉蚜 [*Aphis gossypii* (Glover)] 之防禦效果。台灣農業研究 65(4):374–383。

本研究測試自 11 種市售小黃瓜 (*Cucunis anguria* Linnaeus) 品種中選用之「秀燕」、「新蜜」、「阿秀」及「夏之輝」等 4 品種對棉蚜 (*Aphis gossypii* Glover) 之防禦能力，並分別於室內及田間以盆栽測試，作為棉蚜綜合防治與選育防禦棉蚜危害小黃瓜品種之參考。試驗結果顯示，有翅型棉蚜於選擇性、非選擇性及田間試驗中，於「夏之輝」小黃瓜植株上停留之數量顯著少於其他 3 品種。有翅型及無翅型棉蚜於「阿秀」小黃瓜植株上所產之子代蚜蟲數量顯著高於其他 3 品種。在室內試驗中，「新蜜」小黃瓜延緩棉蚜族群發展效果最好，供試植株上平均棉蚜數量為 399.7 隻/株，顯著低於「夏之輝」(573.5 隻/株)、「秀燕」(587.2 隻/株) 及「阿秀」(875.0 隻/株)，但 4 品種間產生有翅型棉蚜之機率並無差異。4 品種小黃瓜植株遭受棉蚜危害於田間第 3 天，「新蜜」小黃瓜植株上天敵數量顯著高於其他 3 品種，原接棉蚜數量以「新蜜」及「秀燕」小黃瓜處理組最少，顯著低於「夏之輝」及「阿秀」處理組。供試 4 品種小黃瓜植株於田間經 3 wk 後，以「新蜜」小黃瓜植株上棉蚜數量最少 (40.0 隻/株)，顯著低於「秀燕」(180.9 隻/株)、「夏之輝」(248.6 隻/株) 及「阿秀」(364.0 隻/株)。天敵的數量則以「新蜜」(6.9 隻/株) 及「秀燕」(5.2 隻/株) 處理組最多，顯著高於「夏之輝」(2.5 隻/株) 及「阿秀」(2.5 隻/株) 處理組。綜合本試驗之結果，「新蜜」小黃瓜於 4 品種中，對棉蚜同時具有直接與間接防禦能力，「新蜜」小黃瓜在未來可納入棉蚜綜合防治體系中，並作為育種時，選育對棉蚜具良好防禦能力小黃瓜品種之參考。

關鍵詞：棉蚜、品種、防禦、綜合防治。

前言

棉蚜 (*Aphis gossypii* Glover) 在台灣全年發生，寄主植物範圍廣，已記錄者包括 34 科 84 種植物，如葫蘆科、桑科及茄科等皆為其主要之寄主植物 (Hsu 1980; Tao 1990)。蚜蟲因體型小、生活史短，繁殖能力強，一旦田間環境適宜，短時間族群能迅速增加造成嚴重危害 (Yu *et al*. 1997)。蚜蟲對植物之危害，除直接吸食汁液影響植物生長外，其所分泌之蜜露於植物體表會引發煤煙病影響光合作用。蚜蟲是植物病毒之媒介昆蟲，其中棉蚜能傳播至少 76 種植物病毒，造成寄主植物的捲葉、生長不良，甚至死亡 (Chang *et al*. 1987; Chan *et al*. 1991; Kaygin *et al*. 2008)。

對於蚜蟲防治工作，農民以往多依賴噴施化學藥劑，惟因蚜蟲抗藥性發生、非標的生物與環境遭受毒害及消費者對農產品安全疑慮等問題，尋找安全有效之非農藥防治方法日漸受到重視 (Kerns & Gaylor 1992; Gore *et al*. 2013)。

植物因無法移動以逃避植食昆蟲之危害，因此，植物發展出不同防禦策略以抵抗植食

投稿日期：2015 年 12 月 31 日；接受日期：2016 年 1 月 30 日。
[*] 通訊作者：oleander@dragon.nchu.edu.tw
[1] 農委會農業試驗所應用動物組助理研究員。台灣 台中市。
[2] 國立中興大學昆蟲學系教授。台灣 台中市。

昆蟲 (Schoonhoven *et al*. 2005; Kant *et al*. 2015)，植物防禦策略可分為直接防禦與間接防禦兩型，其中直接防禦包含植物葉片本身具有刺或毛影響植食昆蟲移動或取食、植物的次級代謝物質對植食昆蟲具有毒性或降低其消化能力 (作物對植食昆蟲抗性)，以及植物本身所散發出忌避植食昆蟲之氣味等 (影響植食昆蟲選擇) (Mithofer & Boland 2012)。植物間接防禦則為加強天敵對植食昆蟲壓制效果，包括提供替代食物來源如外源花蜜或是釋放揮發性成分，以吸引天敵前來達到降低蟲害影響 (Dicke & Baldwin 2010; Hilker & Meiners 2011)。

應用植物本身對植食昆蟲之防禦能力，除能壓制植食昆蟲族群發展，亦可減少後續防治措施的投入，是一種安全有效的防治方法。因此，本研究於 11 種市售小黃瓜 (*Cucunis anguria* Linnaeus) 品種中，經先期試驗結果選用「秀燕」、「新蜜」、「夏之輝」及「阿秀」等 4 品種小黃瓜，於室內及田間試驗中，測試其對棉蚜直接與間接防禦效果之差異，及於田間棉蚜發生與天敵來臨狀況，作為未來應用於棉蚜綜合防治及選育防禦棉蚜危害小黃瓜品種研究之參考。

材料與方法

供試蟲源

以小黃瓜「秀燕」(‘Xiu yan’)，作為棉蚜之寄主植物繁殖棉蚜，棉蚜種源來自行政院農業委員會農業試驗所余志儒博士研究室，飼育方法參考 Yu *et al*. (1997)，但改用小黃瓜來繁殖棉蚜。

供試資材

由 11 種市售之小黃瓜品種中，「秀燕」(‘Xiu yan’)、「鳳燕」(‘Feng yan’)、「華燕」(‘Hua yan’)、「秀秀」(‘Xiu xiu’)、「文秀」(‘Wen xiu’)、「阿秀」(‘A xiu’) 及「翠姑」(‘Cui gu’) 購自農友種苗股份有限公司；「夏之輝」(‘Xia zhi hui’) 及「吉祥」(‘Ji xiang’) 購自明豐種苗行；「新蜜」(‘Xin mi’) 及「極星」(‘Ji xing’) 購自德城行有限公司。為篩選試驗用之小黃瓜品種，於 11 種市售品種已長出 2 片真葉小黃瓜植株之第 1 片真葉上，分別接上 4 隻 (確保所產供試子代蚜蟲可達 20 隻以上) 剛開始生殖無翅型棉蚜，並以固定盒罩住，固定盒規格及使用方式參照 Yu *et al*. (1997) 所使用方法。接蟲 1 d 後移去固定盒，葉片上僅留下 20 隻子代蚜蟲 (超過 20 隻蚜蟲易發生遷移不見之情形，影響試驗之結果)，其餘蚜蟲挑除，再經 10 d (超過 10 d 以上，因葉片上棉蚜數量過高易產生有翅型棉蚜，有翅型棉蚜遷飛會影響蚜蟲數量計數，故選擇經 10 d 後計算棉蚜之數量) 後，觀察記錄小黃瓜植株上棉蚜數量，試驗環境為定溫養蟲室，溫度 25℃ ± 1℃，光週期 16 L : 8 D。本試驗 6 重複。預備試驗結果，11 種供試市售小黃瓜品種於試驗過程中，外觀生長狀況 (葉片數及高度等) 並無差異，供試品種中，棉蚜之數量最少為「新蜜」(379.8 隻/株)，最多者「阿秀」(853.7 隻/株)，2 種品種上棉蚜數量分別與其餘品種間有顯著差異，其餘品種小黃瓜植株上棉蚜之數量由多至少依序為「極星」、「華燕」、「秀秀」、「鳳燕」、「秀燕」、「夏之輝」、「吉祥」、「翠姑」及「文秀」。選擇對棉蚜族群發展影響程度最高的「新蜜」、中間程度的「夏之輝」、最差的「阿秀」及原供繁植棉蚜族群的「秀燕」(使供試小黃瓜品種能來自不同的選育種源)，作為本研究中供試小黃瓜品種。於室內及田間試驗中測試其對棉蚜直接與間接防禦效果之差異，及於田間棉蚜發生與天敵來臨狀況。

泥炭土 (Potgrond H, Klasmann-Deilmann Gmbh, Germany)、塑膠盆 (直徑 9 cm，高 7 cm)、透明玻璃樣本瓶 (直徑 2 cm，高 6 cm) 及透明壓克力箱 (長 40 cm，寬 40 cm，高 40 cm) 均購自振詠興業公司，試驗用固定盒 (長 3.5 cm，寬 2.3 cm，高 1.0 cm 之尼龍網盒) 來自農業試驗所余志儒博士研究室。

供試植株

各品種小黃瓜種子先浸自來水 30 min 後，植入內含 70 g 泥炭土之塑膠盆中，種植環境為定溫養蟲室，室內溫度 25℃ ± 1℃，光週期 16 L : 8 D。約經 2 wk (14–16 d) 後，小黃瓜已長出 2 片真葉後，作為本次試驗時所使用之植株 (選取時，供試小黃瓜品種植株，選擇外觀葉片數及高度無差異者)。

有翅型棉蚜對不同品種小黃瓜之偏好試驗

測試有翅型棉蚜對不同品種小黃瓜之選擇偏好，進行下列 3 試驗。

選擇性試驗：將「秀燕」、「新蜜」、「阿秀」及「夏之輝」等 4 個品種，已長出 2 片真葉之小黃瓜植株，於透明壓克力箱 4 邊，每邊隨機放置 1 品種小黃瓜植株後 (4 株不同品種小黃瓜植株/箱)，於 4 植株中央處放入含有 30 隻剛開始生殖的有翅型棉蚜之透明玻璃樣本瓶，瓶口以棉花塞住，於無光照的狀態下拔去棉花塞讓有翅棉蚜自由選擇植株，10 h 後方提供光照 (Yu *et al*. 1997)。放蟲 1 d 後，記錄小黃瓜植株上有翅型棉蚜之數量，試驗環境為定溫養蟲室，溫度 25℃ ± 1℃，本試驗 10 重複。

非選擇性試驗：將「秀燕」、「新蜜」、「阿秀」及「夏之輝」等 4 個品種，已長出 2 片真葉之小黃瓜植株各自放入透明壓克力箱 (每箱 1 株) 中央處後，放入含有 10 隻剛開始生殖的有翅型棉蚜之透明玻璃樣本瓶，瓶口以棉花塞住，於無光照的狀態下拔去棉花塞，10 h 後方提供光照。放蟲 1 d 後，記錄小黃瓜植株上有翅型棉蚜之數量，試驗環境為定溫養蟲室，溫度 25℃ ± 1℃，本試驗 10 重複。

田間試驗：將「秀燕」、「新蜜」、「阿秀」及「夏之輝」等 4 個品種，已長出 2 片真葉之小黃瓜植株移至農業試驗所戶外田區 (台中市霧峰區中正路 189 號，試驗期間 2015 年 4 月 14–17 日，平均溫度 21.8℃，資料來源為農業試驗所氣象站)，於 1 m × 1 m 區塊內每一邊隨機放入 1 品種小黃瓜植株，植株間彼此間隔距離 50 cm 以上，區塊間彼此間隔距離 5 m 以上，經 3 d (先前預備試驗顯示，此植株及區塊間格距離不影響試驗之結果，小黃瓜植株於田間超過 3 d 以上，易因田間天敵捕食影響有翅型棉蚜之數量) 後，記錄小黃瓜植株上有翅型棉蚜之數量，本試驗 10 重複。

不同小黃瓜品種對棉蚜生殖影響試驗

測試不同品種小黃瓜對棉蚜生殖的之影響，於「秀燕」、「新蜜」、「阿秀」及「夏之輝」等 4 個品種，已長出 2 片真葉之小黃瓜植株第 1 片真葉上，接入 1 隻剛開始生殖之無翅型或有翅型棉蚜並以固定盒罩住，接蟲 3 d (超過 3 d 會因蚜蟲密度過高導致母代蚜蟲離開葉片，並停止產子代蚜蟲影響試驗結果) 後，將固定盒移走並記錄子代蚜蟲數量，試驗環境為定溫養蟲室，溫度 25℃ ± 1℃，光週期 16 L : 8 D。本試驗 10 重複。

不同品種小黃瓜對棉蚜族群發展影響試驗

測試不同品種小黃瓜對棉蚜族群發展的影響，於「秀燕」、「新蜜」、「阿秀」及「夏之輝」等 4 個品種，已長出 2 片真葉之小黃瓜植株第一片真葉上，接入 4 隻剛開始生殖之無翅型棉蚜並以固定盒罩住，接蟲 1 d 後將固定盒移走，葉片上僅留下 20 隻子代蚜蟲，其餘蚜蟲挑除，再經 10 d 後，記錄小黃瓜植株上棉蚜之數量，試驗環境為定溫養蟲室，溫度 25℃ ± 1℃，光週期 16 L : 8 D。本試驗 6 重複。

不同小黃瓜品種對產生有翅型棉蚜影響試驗

測試不同品種小黃瓜對產生有翅型棉蚜之影響，於「秀燕」、「新蜜」、「阿秀」及「夏之輝」等 4 個品種，已長出 2 片真葉小黃瓜植株第 1 片真葉上，接入 4 隻剛開始生殖之無翅型棉蚜並以固定盒罩住，接蟲 1 d 後將固定盒移走，葉片上僅留下 20 隻子代蚜蟲 (葉片上超過 20 隻以上子代蚜蟲，隨者發育日數，易於植株上遷移影響觀察與記錄)，其餘蚜蟲挑除。再經 7 d (4 品種小黃瓜植株上子代蚜蟲均已發育至成蚜並開始生殖) 後，記錄小黃瓜上有翅型棉蚜之數量，試驗環境為定溫養蟲室，溫度 25℃ ± 1℃，光週期 16 L : 8 D。本試驗 10 重複。

不同品種小黃瓜受棉蚜危害後對天敵誘引效果試驗

測試不同品種小黃瓜受棉蚜危害後對天敵之誘引效果，於「秀燕」、「新蜜」、「阿秀」及「夏之輝」等 4 個品種，已長出 2 片真葉小黃瓜植株之第 1 片真葉上接入 4 隻剛開始生殖之無翅型棉蚜，並以固定盒罩住，接蟲 1 d 後將固定盒移走，葉片上僅留下 20 隻子代蚜蟲，其餘蚜蟲挑除。將含有棉蚜之小

黃瓜植株移至農業試驗所戶外田區 (試驗期間 2015 年 4 月 27–30 日，平均溫度 26.7℃，資料來源為農業試驗所一級農業氣象站)，於 1 m × 1 m 區塊內每一邊隨機放入 1 品種小黃瓜植株，植株間隔距離 50 cm 以上，區塊間隔距離 5 m 以上，每日記錄植株上原接棉蚜及天敵之數量 (包含所有可取食棉蚜之天敵如瓢蟲、草蛉幼蟲、小黑花椿象及食蚜虻幼蟲等) 1 次，連續 3 d，本試驗 10 重複。

不同品種小黃瓜於田間棉蚜及天敵發生試驗

為測試不同品種小黃瓜，於田間棉蚜發生情況及誘引天敵之效果，將「秀燕」、「新蜜」、「阿秀」及「夏之輝」等 4 個品種，已長出 2 片真葉小黃瓜植栽移至農業試驗所戶外田區 (試驗期間 2015 年 6 月 8–29 日，平均溫度 29.7℃，資料來源為農業試驗所氣象站)，於 1 m × 1 m 區塊內每一邊隨機放入 1 品種小黃瓜植株，植株間隔距離 50 cm 以上，區塊間隔距離 5 m 以上，每週記錄植株上棉蚜及天敵數量 (包含所有可取食棉蚜的天敵如瓢蟲、草蛉幼蟲、小黑花椿象及食蚜虻幼蟲等) 1 次，連續 3 wk，本試驗 10 重複。

統計分析

試驗所得各項資料先以 SAS-EG (Version 4.1, 2006) 統計分析軟體，進行變方分析 (analysis of variance; ANOVA) 後，再以最小顯著差異性測驗 (least significant difference test; LSD test) 分析其差異顯著性。

結果

有翅型棉蚜對不同品種小黃瓜偏好試驗

於選擇性試驗中，「新蜜」小黃瓜植株上停留之有翅型棉蚜數量最多 (7.0 隻/株)，其次為「秀燕」(6.7 隻/株) 及「阿秀」(6.1 隻/株)，3 品種間無顯著差異但均顯著高於「夏之輝」(1.5 隻/株)；於非選擇性試驗中，「阿秀」小黃瓜植株上有翅型棉蚜之數量最多 (6.2 隻/株)，其次為「秀燕」(5.6 隻/株) 及「新蜜」(5.4 隻/株)，3 品種間亦無顯著差異但亦均顯著高於「夏之輝」(2.2 隻/株)；於田間試驗中，「夏之輝」小黃瓜植株上有翅型棉蚜之數量 (0.3 隻/株) 顯著低於「秀燕」(1.6 隻/株) 及「阿秀」(1.6 隻/株)，但與「新蜜」(1.1 隻/株) 處理組間無顯著差異 (表 1)。

不同小黃瓜品種對棉蚜生殖影響試驗

有翅型棉蚜於供試小黃瓜植珠上所產子代蚜蟲之數量以「阿秀」處理組最高 (12.3 隻/株)，顯著高於「秀燕」(9.7 隻/株)、「新蜜」(9.1 隻/株) 及「夏之輝」(5.8 隻/株)，「秀燕」及「新蜜」處理組間無顯著差異，但均顯著高於「夏之輝」處理組；無翅型棉蚜於小黃瓜植株上所產子代蚜蟲之數量亦以「阿秀」處理組最高 (24.1 隻/株)，顯著高於「秀燕」(19.8 隻/株)、「夏之輝」(19.8 隻/株) 及「新蜜」(18.0 隻/株)，3 處理組間子代蚜蟲數量無顯著差異。(表 2)。

不同品種小黃瓜對棉蚜族群發展影響試驗

供試 4 品種小黃瓜於試驗過程中，外觀生

表 1. 4 種不同品種小黃瓜對有翅型棉蚜停留之影響。

Table 1. The effectiveness [means (± SE)] of four cucumber cultivars on alate *Aphis gossypii* settling.

Cultivar	Settled number of alata *A. gossypii* per plant
Choice test	
A xiu	6.1 (1.6) a[z]
Xiu yan	6.7 (1.5) a
Xia zhi hu	1.5 (0.8) b
Xin mi	7.0 (1.1) a
No choice test	
A xiu	6.2 (0.5) a
Xiu yan	5.6 (0.5) a
Xia zhi hu	2.2 (0.1) b
Xin mi	5.4 (0.4) a
Field test	
A xiu	1.6 (0.4) a
Xiu yan	1.6 (0.3) a
Xia zhi hu	0.3 (0.2) b
Xin mi	1.1 (0.3) ab

[z] Means within the same column followed by the same letter(s) are not significantly different at $P < 0.05$ (Fisher's protected LSD test; SAS-EG, Version 4.1, 2006).

表 2. 4 種不同品種小黃瓜對棉蚜生殖之影響。

Table 2. The effectiveness [means (± SE)] of four cucumber cultivars on *Aphis gossypii* reproduction.

Cultivar	Offspring number of *A. gossypii* per plant
Alate *A. gossypii* test	
A xiu	12.3 (0.7) a[z]
Xiu yan	9.7 (0.6) b
Xia zhi hu	5.8 (0.4) c
Xin mi	9.1 (0.9) b
Apterous *A. gossypii* test	
A xiu	24.1 (0.5) a
Xiu yan	19.8 (1.0) b
Xia zhi hu	19.8 (0.4) b
Xin mi	18.0 (1.0) b

[z] Means within the same column followed by the same letter(s) are not significantly different at $P < 0.05$ (Fisher's protected LSD test; SAS-EG, Version 4.1, 2006).

長狀況 (葉片數及高度等) 並無差異，對棉蚜族群發展影響以「新蜜」最高，植株上平均蚜蟲數量為399.7隻/株，顯著低於「夏之輝」(573.5 隻/株)、「秀燕」(587.2 隻/株) 及「阿秀」(875.0 隻/株)，「夏之輝」與「秀燕」處理組間無顯著差異，但均顯著低於「阿秀」處理組 (表 3)。

不同小黃瓜品種對產生有翅型棉蚜影響試驗

供試 4 品種小黃瓜植株上有翅型棉蚜之發生率，以「秀燕」最高 (9.0%/株)，其次為「阿秀」(8.0%/株)、「新蜜」(6.0%/株) 及「夏之輝」(4.0%/株)，但 4 品種間無顯著差異 (表 4)。

表3. 4種不同小黃瓜品種對棉蚜族群發展之影響。

Table 3. The effectiveness [means (± SE)] of four cucumber cultivars on *Aphis gossypii* population development.

Cultivar	*A. gossypii* per plant
A xiu	875.0 (73.7) a[z]
Xiu yan	587.2 (42.0) b
Xia zhi hu	573.5 (60.1) b
Xin mi	399.7 (44.9) c

[z] Means within the same column followed by the same letter(s) are not significantly different at $P < 0.05$ (Fisher's protected LSD test; SAS-EG, Version 4.1, 2006). Data were logarithmic transformed prior to analysis.

不同品種小黃瓜受棉蚜危害後對天敵誘引效果試驗

供試小黃瓜植株上第 1 天原接棉蚜之數量以「新蜜」(12.6 隻/株) 最低，其次為「秀燕」(13.5 隻/株)，兩者間無顯著差異但均顯著低於「夏之輝」(16.6 隻/株) 及「阿秀」(17.8 隻/株)，小黃瓜植株上第 1 天調查到之天敵主要為小瓢蟲亞屬 (*Scymnus*) 之瓢蟲，以「新蜜」(1.1 隻/株) 最多，其次為「秀燕」(0.5 隻/株)、「夏之輝」(0.1 隻/株) 及「阿秀」(0.0 隻/株)；第 2 天原接棉蚜之數量以「新蜜」(4.1 隻/株) 最低，其次為「秀燕」(4.6 隻/株)，兩者間無顯著差異但均顯著低於「夏之輝」(13.1 隻/株) 及「阿秀」(12.0 隻/株)，小黃瓜植株上第 2 天調查到之天敵主要亦為小瓢蟲亞屬瓢蟲，以「新蜜」(2.1 隻/株) 最多，其次為「秀燕」(1.9 隻/株)，兩者間無顯著差異但均顯著高於「夏之輝」(0.5 隻/株) 及「阿秀」(0.3 隻/株)；第 3 天原接棉蚜之數量以「新蜜」(1.4 隻/株) 最低，其次為「秀燕」(2.5 隻/株)，兩者間無顯著差異但均顯著低於「夏之輝」(8.0 隻/株) 及「阿秀」(8.3 隻/株)，小黃瓜植株上第 3 天調查到之天敵主要亦為小瓢蟲亞屬瓢蟲，以「新蜜」(1.8 隻/株) 最多，顯著高於「秀燕」(0.8 隻/株)、「夏之輝」(0.4 隻/株) 及「阿秀」(0.2 隻/株) (表 5)。

不同品種小黃瓜田間棉蚜發生試驗

供試小黃瓜植株於試驗過程中，外觀生長狀況 (葉片數及高度等) 並無差異，供試品種中，第 1 週棉蚜之數量以「秀燕」(27.0 隻/株)

表 4. 4 種小黃瓜品種對發生有翅型棉蚜機率之影響。

Table 4. The effectiveness [means (± SE)] of four cucumber cultivars on alate *Aphis gossypii* incidence.

Cultivar	Alate *A. gossypii* per plant
A xiu	8.0 (3.3) a[z]
Xiu yan	9.0 (3.1) a
Xia zhi hu	4.0 (2.2) a
Xin mi	6.0 (3.4) a

[z] Means within the same column followed by the same letter(s) are not significantly different at $P < 0.05$ (Fisher's protected LSD test; SAS-EG, Version 4.1, 2006). Percentage data were arcsine transformed prior to analysis.

表 5.　4 種不同品種小黃瓜受棉蚜危害後對天敵誘引效果之影響。

Table 5. The effectiveness [means (± SE)] of four cucumber cultivars on attracting natural enemies after infected with *Aphis gossypii*.

Cultivar	*A. gossypii* per plant	Natural enemies per plant
Day 1		
A xiu	17.8 (0.6) a[z]	0.0 (0.0) b
Xiu yan	13.5 (1.3) b	0.5 (0.2) ab
Xia zhi hu	16.6 (0.9) a	0.1 (0.1) b
Xin mi	12.6 (1.1) b	1.1 (0.4) a
Day 2		
A xiu	12.0 (0.8) a	0.3 (0.2) b
Xiu yan	4.6 (0.6) b	1.9 (0.4) a
Xia zhi hu	13.1 (1.1) a	0.5 (0.3) b
Xin mi	4.1 (1.1) b	2.1 (0.5) a
Day 3		
A xiu	8.3 (1.0) a	0.2 (0.1) c
Xiu yan	2.5 (0.5) b	0.8 (0.2) b
Xia zhi hu	8.0 (0.8) a	0.4 (0.2) bc
Xin mi	1.4 (0.6) b	1.8 (0.2) a

[z] Means within the same column followed by the same letter(s) are not significantly different at $P < 0.05$ (Fisher's protected LSD test; SAS-EG, Version 4.1, 2006).

最高，其次為「阿秀」(24.5 隻/株) 及「新蜜」(20.4 隻/株)，3 品種間無顯著差異，「夏之輝」(12.9 隻/株) 植株上棉蚜數量最低，顯著低於「阿秀」及「秀燕」，供試小黃瓜植株上第 1 週調查到之天敵數量，以「秀燕」(1.1 隻/株) 及「新蜜」(1.1 隻/株) 最多，其次為「夏之輝」(1.0 隻/株) 及「阿秀」(1.0 隻/株)，但 4 處理間無顯著差異；第 2 週供試小黃瓜植株上棉蚜之數量以「阿秀」(238.8 隻/株) 最高，顯著高於「秀燕」(154.2 隻/株)、「夏之輝」(147.0 隻/株) 及「新蜜」(50.0 隻/株)，供試小黃瓜植株上第 2 週調查到之天敵數量，以「新蜜」(5.3 隻/株) 最多，其次為「秀燕」(4.2 隻/株)，兩者間無顯著差異但均顯著高於「夏之輝」(2.4 隻/株) 及「阿秀」(2.5 隻/株)；第 3 週供試小黃瓜植株上棉蚜之數量亦以「阿秀」(364.0 隻/株) 最高，顯著高於「夏之輝」(248.6 隻/株)、「秀燕」(180.9 隻/株) 及「新蜜」(40.0 隻/株)，供試小黃瓜植株上第 3 週調查到之天敵數量，以「新蜜」(6.9 隻/株) 最多，其次為「秀燕」(5.2 隻/株)，兩者間無顯著差異但均顯著高於「夏之輝」(2.5 隻/株) 及「阿秀」(2.5 隻/株) (表 6)。

討論

害蟲綜合管理的目標，是希望發展一種可永續使用的管理方式，並減少對化學藥劑的依賴，我們可利用作物本身對植食昆蟲的防禦能力 (影響植食昆蟲之選擇及生長發育、受植食昆蟲危害後能吸引天敵前來壓制植食昆蟲族群發展等直接與間接防禦能力) 來抵抗植食昆蟲的危害 (Altieri 1999; Lin 2011)。作物對植食昆蟲的防禦能力可分為直接防禦能力，即對植食昆蟲的危害具有忍受性、抗性或是影響植食昆蟲的選擇偏好 (由下而上的影響，bottom-up effect)，及間接防禦能力，即增強天敵對植食昆蟲的壓制效果 (由上而下的影響，top-down effect) (Tooker & Frank 2012)。種植對植食昆蟲具防禦能力作物的優點，包括降低後續化學藥劑的防治措施的使用次數、改善環境水質及減少有益節肢動物的死亡率等 (Smith & Chuang 2013)。

植物的代謝產物提供植物生長發育，與對抗生物及非生物環境壓力所需 (Herms & Mattson 1992)，但當藉由育種提高作物產量等人

表 6.　4 種不同品種小黃瓜植株上發生之棉蚜及天敵之數目。

Table 6.　Mean number (SE) of *Aphis gossypii* and natural enemies of four cucumber cultivars.

Cultivar	*A. gossypii* per plant	Natural enemies per plant
Week 1		
A xiu	24.5 (4.4) a[z]	1.0 (0.3) a
Xiu yan	27.0 (3.7) a	1.1 (0.3) a
Xia zhi hu	12.9 (1.3) b	1.0 (0.3) a
Xin mi	20.4 (4.1) ab	1.1 (0.3) a
Week 2		
A xiu	238.8 (19.0) a	2.5 (0.4) b
Xiu yan	154.2 (15.7) b	4.2 (0.4) a
Xia zhi hu	147.0 (37.3) b	2.4 (0.3) b
Xin mi	50.0 (7.5) c	5.3 (0.9) a
Week 3		
A xiu	364.0 (16.8) a	2.5 (0.3) b
Xiu yan	180.9 (29.5) b	5.2 (0.7) a
Xia zhi hu	248.6 (44.7) b	2.5 (0.6) b
Xin mi	40.0 (8.2) c	6.9 (0.9) a

[z] Means within the same column followed by the same letter(s) are not significantly different at $P < 0.05$ (Fisher's protected LSD test; SAS-EG, Version 4.1, 2006). Aphid number data were logarithmic transformed prior to analysis.

為需求時，可能會降低作物對植食昆蟲的防禦能力 (Rosenthal & Dirzo 1997)。以玉米為例，石竹烯 [(E)-β-caryophyllene] 為當玉米葉片受海灰翅夜蛾 (*Spodoptera littoralis* Boisduval) 或是根部遭受西方玉米根蟲 (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) 危害時所釋放之蟲害誘導之植物揮發性成分，用以吸引寄生蜂及蟲生線蟲，但與歐洲玉米品種相較，大部分美國玉米品種於遭受西方玉米根蟲危害時不會釋放石竹烯，Köllner *et al*. (2008) 認為美國玉米品種於育種過程中失去了石竹烯防禦信號，並認為回復石竹烯防禦信號有助於提高美國品種玉米對海灰翅夜蛾及西方玉米根蟲的防禦能力。

本試驗中，4 品種小黃瓜對棉蚜之防禦能力亦呈現差異性，在直接防禦方面，於室內及田間試驗中，「夏之輝」小黃瓜植株上有翅型棉蚜的數量顯著低於其餘 3 品種小黃瓜，但「秀燕」、「新蜜」及「阿秀」3 品種小黃瓜植株上有翅型棉蚜的數量並無顯著差異；生殖影響試驗中，有翅型棉蚜於「夏之輝」小黃瓜植株上所產的子代蚜蟲數顯著最少 (本試驗雖以固定盒方式進行，因有翅型棉蚜對「夏之輝」小黃瓜偏好性為 4 品種中最低，且試驗過程中觀察到有翅型棉蚜會停留於固定盒上而非葉片上，推測此可能為「夏之輝」小黃瓜植株上子代蚜蟲數目最少的原因)，其次為「新蜜」及「秀燕」，但兩者間並無顯著差異，「阿秀」小黃瓜植株上有翅型棉蚜所產之子代蚜蟲數量最多，顯著高於其餘 3 品種小黃瓜。無翅型棉蚜亦於「阿秀」小黃瓜植株上所產之子代蚜蟲數量最多，顯著高於其餘 3 品種小黃瓜，無翅型棉蚜於「秀燕」、「新蜜」及「夏之輝」小黃瓜植株上所產之子代蚜蟲數量並無差異 (表 1、表 2)。Mackay & Wellington (1975) 以蠶豆 (*Vicia faba* Linnaeus) 飼養豌豆蚜 (*Acyrthosiphon pisum* Harris)，並比較有翅型與無翅型豌豆蚜生殖力差異，結果試驗期間有翅型豌豆蚜較無翅型豌豆蚜產生較少的子代蚜蟲，推測可能因為增加能量消耗用於產生翅膀，而本試驗中亦有此現象，有翅型棉蚜於 4 品種小黃瓜植株上，經 3 d 所產的子代蚜蟲數目亦少於無翅型棉蚜 (表 2)。在影響棉蚜族群發展程度上，於接入棉蚜 10 d 後，以「新蜜」小黃瓜植株上棉蚜之數量最少，顯著低於其餘 3 品種小黃瓜，

其次為「秀燕」及「夏之輝」，兩者間無顯著差異，但顯著低於「阿秀」處理組 (表 3)。

蚜蟲取食時雖然對植物造成非常小的物理傷害，但仍能誘導植物之防禦反應，產生並釋放揮發性有機成分，吸引蚜蟲寄生蜂、草蛉、瓢蟲等捕食性與寄生性天敵前來 (de Vos & Jander 2010)。Kappers *et al*. (2011) 於溫室中測試 8 種黃瓜 (*Cucumis sativus* L.) 品種受二點葉蟎 (*Tetranychus urticae* Koch) 危害後對智利捕植蟎 (*Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot) 之誘引效果，結果不同品種黃瓜受二點葉蟎危害後，所釋放之揮發性有機成分之種類與量，彼此間有顯著差異，對智利捕植蟎之誘引效果，效果最好的品種與最差的品種，所誘引智利捕植蟎之數量相差 2 倍，試驗結果證實不同黃瓜品種受害對天敵誘引差異性 (對二點葉蟎間接防禦能力之差異)，並認為育種合適品種於受害時釋放有效的揮發性有機成分，可誘引天敵的效果。本試驗雖未分析 4 品種小黃瓜受棉蚜危害後，所釋放揮發性有機成分差異，但小黃瓜植株接入棉蚜，在遭受棉蚜危害後第 3 天，「新蜜」及「秀燕」小黃瓜植株上，原接蚜蟲數量減少最多，兩者間並無差異，但顯著少於「夏之輝」及「阿秀」(兩者間亦無顯著差異)，且在吸引棉蚜天敵方面，以「新蜜」小黃瓜植株上棉蚜天敵數量最多，顯著高於「秀燕」、「夏之輝」及「阿秀」處理組，「阿秀」處理組棉蚜天敵的數量最低，雖與「夏之輝」處理組無差異，但顯著低於「秀燕」處理組 (表 5)。田間試驗結果，「新蜜」小黃瓜植株因本身可延緩棉蚜族群發展，且受棉蚜危害後吸引天敵前來之效果為 4 品種中最好，因此於田間經 3 wk 後，「新蜜」小黃瓜植株上棉蚜數量最少，顯著低於其餘 3 品種小黃瓜，「秀燕」小黃瓜受棉蚜危害後可吸引棉蚜天敵，「夏之輝」小黃瓜有翅型棉蚜的選擇性低，因此於田間經 3 wk 後，小黃瓜植株上棉蚜數量雖較「新蜜」多 (「秀燕」及「夏之輝」兩處理間無顯著差異)，但均顯著少於 4 品種中對棉蚜防禦效果最差的「阿秀」處理組 (表 6)，試驗結果顯示同時具備良好直接與間接防禦能力小黃瓜品種，於種植後可最有效抑制棉蚜族群的發展。

棉蚜可傳播多種植物病毒 (Chang *et al*. 1987; Chan *et al*. 1991)，因此種植對棉蚜具防禦能力的小黃瓜品種，應注意是否容易產生有翅型棉蚜，反而增加作物病毒的傳播機會 (Swenson 1968; Yu *et al*. 1997)。影響有翅型蚜蟲產生的可能因子包括擁擠、作物營養、天敵存在及環境溫度等 (Muller *et al*. 2001; Braendle *et al*. 2006; Brisson 2010)。Yu *et al*. (1997) 比較 3 種洋香瓜 (*Cucumis melo* Linnaeus) 品種 (「台南 8 號」、「台南 9 號」及「秋香」) 對產生有翅型棉蚜之機率，試驗結果顯示，擁擠是棉蚜於 3 種供試洋香瓜品種上產生有翅型蚜蟲的重要因素。本試驗中「新蜜」小黃瓜對棉蚜的防禦效果最佳，但與其他 3 品種小黃瓜相較，於有翅型棉蚜發生機率上並無差異 (表 4)，雖然本試驗非似 Yu *et al*. (1997) 以固定盒方式試驗，觀察發現擁擠造成有翅型棉蚜之發生，但我們於影響棉蚜族群發展試驗中，亦觀察到隨著棉蚜於植株上數量增加，有翅型蚜蟲發生數量提高之情形，但同時 4 品種小黃瓜植株上發生有翅型棉蚜之情形並無差異 (未發表資料)。本試驗中「新蜜」小黃瓜產生有翅型棉蚜之機率，與其餘 3 品種小黃瓜相較並無差異，於田間應用時可避免因容易產生有翅型棉蚜，增加作物病毒之傳播機會。

蟲害誘導之植物揮發性化合物為野生種作物普遍的防禦手段，但在作物育種追求高產量與品質的過程中，可能喪失此項間接及其他直接對害蟲之防禦能力，也造成作物品種間對害蟲防禦能力之差異，現今返祖 (rewilding) 是育種的新趨勢，也開啟了增強對害蟲生物防治成功的機會 (Stenberg *et al*. 2015)，「新蜜」小黃瓜較其餘 3 品種小黃瓜，本身同時具備對棉蚜之直接與間接防禦能力，可供育種時選育可良好防禦棉蚜危害小黃瓜品種之參考。

綜合本試驗結果，「新蜜」小黃瓜可延緩棉蚜族群發展，且受棉蚜危害後可較快速吸引天敵前來，選擇種植「新蜜」小黃瓜，除增加天敵對棉蚜之生物防治效果，同時減少後續防治措施的投入，「新蜜」小黃瓜未來可考慮納入棉蚜綜合防治體系中，並作為育種時，選育對棉蚜具良好防禦能力小黃瓜品種之參考。

引用文獻

Altieri, M. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. Agric. Ecosyst. Environ. 74:19–31.

Braendle, C., G. K. Davis, J. A. Brisson, and D. L. Stern. 2006. Wing dimorphism in aphids. Heredity 97:192–199.

Brisson, J. A. 2010. Aphid wing dimorphisms: Linking environmental and genetic control of trait variation. Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci. 365:605–616.

Chan, C. K., A. R. Forbes, and D. A. Raworth. 1991. Aphid-Transmitted Viruses and Their Vectors of the World. Research Branch, Agriculture Canada. Vancouver, Canada. 216 pp.

Chang, Y. M., C. H. Hsiao, W. Z. Yang, S. H. Hseu, Y. J. Chao, and C. H. Huang. 1987. The occurrence and distribution of five cucurbit viruses on melon and watermelon in Taiwan. J. Agric. Res. China 36:389–397. (in Chinese with English abstract)

de Vos, M. and G. Jander. 2010. Volatile communication in plant-aphid interactions. Curr. Opin. Plant Biol. 13:366–371.

Dicke, M. and I. T. Baldwin. 2010. The evolutionary context for herbivore-induced plant volatiles: Beyond the ‘cry for help’. Trends Plant Sci. 15:167–175.

Gore, J., D. Cook, A. Catchot, B. R. Leonard, S. D. Stewart, G. Lorenz, and D. Kerns. 2013. Cotton aphid (Heteroptera: Aphididae) susceptibility to commercial and experiment insecticides in the southern United States. J. Econ. Entomol. 106:1430–1439.

Herms, D. A. and W. J. Mattson. 1992. The dilemma of plants: To grow or defend. Q. Rev. Biol. 67:283–335.

Hilker, M. and T. Meiners. 2011. Plants and insect eggs: How do they affect each other? Phytochemistry 72:1612–1623.

Hsu, T. C. 1980. Contributions to the Study of Aphididae of Taiwan. National Taiwan University Press. Taipei, Taiwan. 283 pp. (in Chinese)

Kant, M. R., W. Jonckheere, B. Knegt, F. Lemos, J. Liu, B. C. J. Schimmel, C. A. Villarroel, L. M. S. Ataide, W. Dermauw, J. J. Glas, M. Egas, A. Janssen, T. Van Leeuwen, R. C. Schuurink, M. W. Sabelis, and J. M. Alba. 2015. Mechanisms and ecological consequence of plant defence induction and suppression in herbivore communities. Ann. Bot. 115:1015–1051.

Kappers, I. F., H. Hoogerbrugge, H. J. Bouwmeester, and M. Dicke. 2011. Variation in herbivory-induced volatiles among cucumber (*Cucumis sativus* L.) varieties has consequences for the attraction of carnivorous natural enemies. J. Chem. Ecol. 37:150–160.

Kaygin, A. T., G. Görür, and F. Cota. 2008. Contribution to aphid (Homoptera: Aphididae) species damaging on woody plants in Bartin, Türkiye. Int. Nat. Eng. Sci. 2:83–86.

Kerns, D. L. and M. J. Gaylor. 1992. Insecticide resistance in field population of the cotton aphid (Homoptera: Aphididae). J. Econ. Entomol. 85:1–8.

Köllner, T. G., M. Held, C. Lenk, I. Hiltpold, and T. C. J. Turlings. 2008. A maize (E)-β-caryophyllene synthase implicated in indirect defense responses against herbivores is not expressed in most American maize varieties. Plant Cell 20:482–494.

Lin, B. B. 2011. Resilience in agriculture through crop diversification: Adaptive management for environmental change. BioScience 61:183–193.

Mackay, P. A. and W. G. Wellington. 1975. Comparison of reproductive patterns of apterous and alate virginoparous *Acyrthosiphon pisum* (Homoptera-Aphididae). Can. Entomol. 107:1161–1166.

Mithofer, A. and W. Boland. 2012. Plant defense against herbivores: Chemical aspects. Annu. Rev. Plant Biol. 63:431–450.

Muller, C. B., I. S. Williams, and J. Hardie. 2001. The role of nutrition, crowding and interspecific interactions in the development of winged aphids. Ecol. Entomol. 26:330–340.

Rosenthal, J. P. and R. Dirzo. 1997. Effects of life history, domestication and agronomic selection on plant defence against insects: Evidence from maizes and wild relatives. Evol. Ecol. 11:337–355.

Schoonhoven, L. M., J. J. A. van Loon, and M. Dicke. 2005. Insect-Plant Biology. 2nd ed. Oxford University Press. Oxford, UK. 400 pp.

Smith, C. M. and W. P. Chuang. 2013. Plant resistance to aphid feeding: Behavioral, physiological, genetic and molecular cues regulate aphid host selection and feeding. Pest Manag. Sci. 70:528–540.

Stenberg, J. A., M. Heil, I. Ahman, and C. Björkman. 2015. Optimizing crops for biocontrol of pests and disease. Trends Plant Sci. 20:698–712.

Swenson, K. G. 1968. Role of aphids in the ecology of plant viruses. Annu. Rev. Phytopathol. 6:351–374.

Tao, C. C. 1990. Aphid-fauna of Taiwan Province, China. Taiwan Museum Press. Taipei, Taiwan. 327 pp. (in Chinese)

Tooker, J. F. and S. D. Frank. 2012. Genotypically diverse cultivar mixtures for insect pest management and increased crop yields. J. Appl. Ecol. 49:974–985.

Yu, J. Z., B. H. Chen, and Y. C. Liu. 1997. Resistance of three muskmelon cultivars to *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae). Chin. J. Entomol. 17:245–256. (in Chinese with English abstract)

Defense of Four Cucumber Cultivars to the Cotton Aphid, *Aphis gossypii* (Glover)

Yaw-Jen Dong[1] and Shaw-Yhi Hwang[2,*]

Abstract

Dong, Y. J. and S. Y. Hwang. 2016. Defense of four cucumber cultivars to the cotton aphid, *Aphis gossypii* (Glover). J. Taiwan Agric. Res. 65(4):374–383.

Four different cucumber cultivars ('Xiu yan', 'Xin mi', 'A xiu', and 'Xia zhi hui') chosen from eleven commercial cultivars were laboratory or field tested for their defense to cotton aphid. The aim was to select appropriate cultivars for using in integrated cotton aphid control or cotton aphid defensive cucumber cultivar breeding. Alate aphid showed significantly less settled numbers on 'Xia zhi hui' cultivar than other three cultivars in choice, no choice, and field tests. Both alate and apterous aphids deposited significantly more offsprings on 'A xiu' cultivar than on other three cultivars. In laboratory test, the cultivar 'Xin mi' could significantly reduce the cotton aphid population development (399.7 plant^{-1}) than cultivar 'Xia zhi hu' (573.5 plant^{-1}), 'Xiu yan' (587.2 plant^{-1}), and 'A xiu' (875.0 plant^{-1}); but there was no difference among these four cultivars in alate aphid incidences. After being artificially infested with cotton aphid for 3 days, cultivar 'Xin mi' could attract significantly more natural enemies than the other three cultivars, and there were significantly less numbers of originally artificial-infested aphids in 'Xin mi' and 'Xiu yan' than 'Xia zhi hu' and 'A xiu'. Three weeks after field test, the number of cotton aphid (40.0 plant^{-1}) on cultivar 'Xin mi' was significantly lower than that on 'Xiu yan' (180.9 plant^{-1}), 'Xia zhi hu' (248.6 plant^{-1}), and 'A xiu' (364.0 plant^{-1}); meanwhile, there were more natural enemies in 'Xin mi' (6.9 plant^{-1}) and 'Xiu yan' (5.2 plant^{-1}) than in 'Xia zhi hu' (2.5 plant^{-1}) and 'A xiu' (2.5 plant^{-1}). In summary, results indicated that cultivar 'Xin mi' possesses both direct and indirect defenses to cotton aphid and that this cultivar could be adopted in the integrated control system of the cotton aphid. In addition, this cultivar could be used for developing defensive cotton aphid cucumber cultivars in the future.

Key words: Cotton aphid, Cultivar, Defense, Integrated control.

Received: December 31, 2015; Accepted: January 30, 2016.
[*] Corresponding author, e-mail: oleander@dragon.nchu.edu.tw
[1] Assistant Research Fellow, Applied Zoology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.
[2] Professor, Department of Entomology, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 65(4):384–394 (2016)
DOI: 10.6156/JTAR/2016.06504.04 研究報告

培植體、植物生長調節劑及光照處理對丹參不定芽誘導之影響

陳威臣[1] 曹進義[1] 夏奇鈮[2,*]

摘要

陳威臣、曹進義、夏奇鈮。2016。培植體、植物生長調節劑及光照處理對丹參不定芽誘導之影響。台灣農業研究 65(4):384–394。

本研究利用丹參 (*Salvia miltiorrhiza*) 組織培養苗之葉柄和葉片培植體進行不定芽的誘導試驗。葉柄培植體於含有 1 mg L^{-1} 苄腺嘌呤 (N^6-benzyladenine; BA) 與 0.5 mg L^{-1} 奈乙酸 (α-naphthaleneacetic acid; NAA) 之 MS (Murashige & Skoog 1962) 培養基中培養 6 wk 後不定芽形成率達 100%，平均每個培植體可形成 3.7 個不定芽。將葉柄和葉片培植體預培養於含有 1–2 mg L^{-1} 2,4-二氯苯氧乙酸 (2,4-dichlorophenoxyacetic acid; 2,4-D) 之 MS 培養基 2 或 3 wk 後，再分別繼代培養於不含植物生長調節劑之 MS 培養基中培養 4 或 3 wk，可誘導癒合組織和不定根形成。葉片癒合組織於含有 0.25 mg L^{-1} BA 與 0.2 mg L^{-1} 2,4-D 之 MS 培養基於黑暗中培養 8 wk，顯示除了癒合組織增殖外，亦可形成少數不定芽。將癒合組織繼代培養於含有相同 2,4-D 濃度但不同 BA 濃度之培養基中，於光照或黑暗環境培養 8 wk 後，其中以 2 mg L^{-1} BA 配合光照處理可產生最多不定芽，每接種 0.2 g 癒合組織平均可形成 14.1 個不定芽。本研究利用丹參組織培養苗建立直接與間接不定芽再生大量繁殖體系，除可供生產丹參種苗所需外，亦可應用於誘變與轉基因之研究。

關鍵詞：直接器官形成、間接器官形成、癒合組織、大量繁殖。

前言

丹參 (*Salvia miltiorrhiza* Bunge) 為唇形科 (Labiatae)、鼠尾草屬 (*Salvia*) 多年生草本植物，其乾燥根部具有「活血化瘀」之功效，是傳統中醫治療心血管疾病的重要中藥。藥材丹參 (danshen; radix salvia miltiorrhiza) 又名赤參、紫丹參或紅根，在神農本草經被列為上品，具有涼血清心、養血安神、調經止痛等功效。藥材丹參依其藥理作用有保護心肌缺血、改善腎功能、抑制血小板聚集、抗菌消炎及抗氧化等作用，可用於降血壓、降血脂及鎮痛等，對於冠心病與心絞痛具有良好療效，也被用於治療慢性肝炎與肝硬化，更有抑制肝癌細胞生長的功能，其臨床治療上之潛能不容忽視 (Cai *et al*. 2002; Tiang & Wang 2003; Zhou *et al*. 2005; Xu *et al*. 2007; Xu & Sun 2008; Wang & Wu 2010)。

中藥丹參有 2,000 年的使用歷史，隨著現代社會心血管疾病的增加，丹參原料的需求量與日俱增，藥材主要生產國–中國亦積極進行丹參之人工栽培。然而目前藥材尚有品質參差不齊與偽劣品充斥市場的現象，甚至出現重金屬污染與農藥殘毒等問題 (Guo *et al*. 2002; Duan *et al*. 2003; Saper *et al*. 2004)。丹參栽培生產主要是使用根插繁殖種苗，但根部係藥用販售部分，利用根部繁殖不僅浪費藥材，並伴隨有成苗時間長、成苗率低、病原菌污染等問題 (Duan *et al*. 2003; Feng *et al*. 2004;

投稿日期：2015 年 11 月 5 日；接受日期：2016 年 2 月 17 日。
[*] 通訊作者：hsia@tari.gov.tw
[1] 農委會農業試驗所生物技術組助理研究員。台灣 台中市。
[2] 農委會農業試驗所生物技術組研究員。台灣 台中市。

Zhou *et al*. 2007; Xu & Sun 2008; Liang *et al*. 2009)，丹參種苗生產的各項環節需要進一步改善。

植物組織培養技術，是藥用植物種苗繁殖相當重要一項技術 (Nalawade *et al*. 2003)。有關丹參的組織培養繁殖技術已有多篇報導 (Tiang & Wang 2003; Feng *et al*. 2004; Chen *et al*. 2005; Chen *et al*. 2007; Zhou *et al*. 2007; Xu & Sun 2008)，主要提供大量生產種苗之用。例如 Chen *et al*. (2005) 的丹參研究以腋芽作為培植體，可大量生產丹參組培種苗。此外，利用不定芽繁殖亦為可行的方法。不定芽可直接從培植體原有之組織或細胞分化成為芽體，或經由癒合組織誘導，再從癒合組織分化形成不定芽，亦即間接再生之方式獲得不定芽。

植株再生效率的影響因子很多，例如培植體種類、植物生長調節劑種類、濃度及其組合，以及培養條件等 (Martin 2002; Duan *et al*. 2003; Xu & Sun 2008; Liang *et al*. 2009)。然而，丹參不定芽經由直接或間接方式再生效率的比較，則尚未被研究報導。本研究擬利用丹參無菌苗之葉柄與葉片培植體，探討不同生長調節劑的濃度組合對於不定芽誘導的影響，比較直接與間接再生方式誘導不定芽之效率，建立丹參再生芽體的最適誘導條件，除作為後續丹參種苗生產之用外，並可提供誘變育種或基因轉殖研究的應用參考。

材料與方法

培植體來源、培養基配製及培養條件

丹參之無菌瓶苗 (Chen *et al*. 2005) 培養於添加 0.2 mg L^{-1} 激動素 (6-furfurylaminopurine; kinetin) 之 1/2 MS (Murashige & Skoog 1962) 培養基，切取其葉柄 (1 cm) 與帶有中肋之葉片 (25 mm^2) 作為培植體進行不定芽誘導試驗。培植體培養於含有 3% 蔗糖與不同濃度之苄腺嘌呤 (N^6-benzyladenine; BA)、2,4-二氯苯氧乙酸 (2,4-dichlorophenoxyacetic acid; 2,4-D) 及奈乙酸 (α-naphthaleneacetic acid; NAA) 組合的 MS 固態培養基，培養基於加入 9 g L^{-1} 凝膠物質 (Difco Bacto-agar) 前先以 0.1–1 N NaOH 或 HCl 將 pH 值調至 5.7 ± 0.1，培養基以 121℃、1.05 kg cm^{-2} 進行高溫高壓滅菌 15 min 後冷卻備用。培植體接種於內含 25 mL 培養基之無菌塑膠培養皿 (90 mm × 15 mm)，置於 26℃ ± 2℃、光照 14 h (38 μmol m^{-2} s^{-1}) 環境下進行不定芽誘導試驗；此外並於黑暗環境進行癒合組織誘導與增殖試驗。

培植體種類與植物生長調節劑組合對不定芽形成之影響

葉柄與葉片培植體培養於含有 0、1 及 2 mg L^{-1} BA 配合 0、0.5、1 及 2 mg L^{-1} NAA 之 MS 培養基中，葉片培植體係以葉背 (abaxial surface) 接觸培養基的方式進行接種，培養 6 wk 後調查生長達 2 mm 以上之不定芽數。試驗採用 3 重複，每重複接種 6 個培植體。

培植體種類、接種方式、2,4-D 濃度與預培養時間對癒合組織誘導與不定根形成之影響

葉柄與葉片培植體分別培養於含有 1 及 2 mg L^{-1} 2,4-D 之 MS 培養基，葉片培植體分別以葉表 (adaxial surface) 和葉背接觸培養基的方式接種；於培養 2 或 3 wk 後移至不含植物生長調節劑之 MS 培養基，繼續再培養 3 或 4 wk，所有處理之培養時間均達到 6 wk 時，調查癒合組織與不定根之誘導情形。試驗採用 3 重複，每重複接種 9 個培植體。

植物生長調節劑組合與光照處理對不定芽形成之影響

將葉片癒合組織培養於含有 0.2 mg L^{-1} 2,4-D 配合 0.25 mg L^{-1} BA 之 MS 培養基，在增殖足量之葉片癒合組織後作為間接芽體再生試驗之材料。後續就以 0.2 mg L^{-1} 2,4-D 配合 0.25–2 mg L^{-1} BA 的組合，測試在照光與黑暗環境下對於葉片癒合組織誘導不定芽再生的影響。稱取 0.2 g 癒合組織培養於含 0.25、0.5、1 及 2 mg L^{-1} BA 配合 0.2 mg L^{-1} 2,4-D 之 MS 培養基，分別置於照光 (38 μmol m^{-2} s^{-1}, 14 h) 與黑暗中培養，8 wk 後調查生長達 2 mm 以上

之不定芽數。試驗採用 3 重複，每重複接種 6 個 0.2 g 癒合組織。

試驗設計和統計分析

本研究採用完全逢機設計 (completely randamized desize; CRD) 進行試驗，分別以 3 或 4 重複，每重複以 6 或 9 個培植體進行試驗。試驗所得資料經 SAS 8.2 (SAS Institute Inc. 2001) 套裝統計分析軟體進行變方分析 (analysis of variance; ANOVA)，百分比數據係經過角度值轉換後進行分析，若處理間差異顯著 (P < 0.05)，則利用最小顯著差異性測驗 (least significant difference test; LSD) 比較各處理平均值間之差異。

結果

培植體種類與植物生長調節劑組合對直接不定芽形成之影響

葉柄與葉片接種 2 wk 後在培植體切口邊緣可以觀察到芽體形成，這些芽體並非自癒合組織上形成，因而可稱之為直接不定芽形成，其形成位置多於切口處，少數可自培植體表面產生 (圖 1C、1D)；不定芽形成率以葉柄培植體較葉片培植體為高，但兩者皆於特定生長調節劑組合下才會直接形成不定芽 (圖 1、表 1)。表 1 的結果顯示，葉柄培植體培養於含有 1 mg L^{-1} BA 與 0.5 mg L^{-1} NAA 之 MS 培養基具有最高 100% 的誘導率，高於葉片培植體培養於相同組成培養基的 77.8%，但兩處理間並

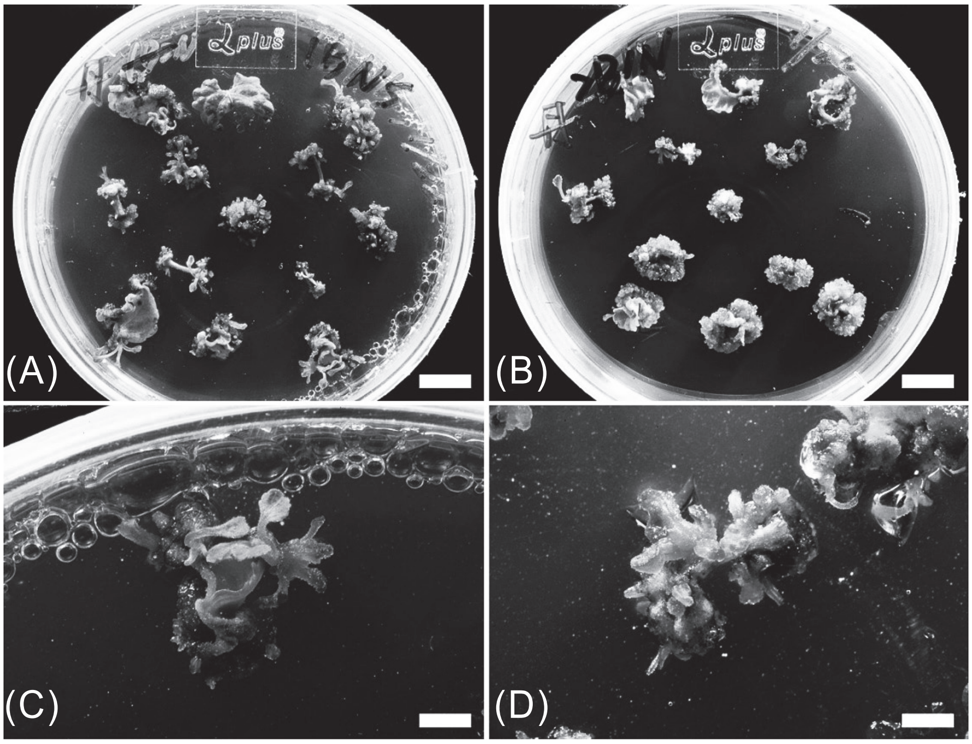

圖 1.　培植體在不同植物生長調節劑組合中不定芽形成之情形。葉柄與葉片培植體培養於含有 1 mg L^{-1} BA 配合 0.5 mg L^{-1} NAA (A) 與 2 mg L^{-1} BA 配合 1 mg L^{-1} NAA (B) 之 MS 培養基，於光照環境下培養 6 wk 後，分別在葉片培植體 (C) 與葉柄培植體 (D) 直接不定芽形成之情形。

Fig. 1.　Adventitious shoot induction of *in vitro Salvia miltiorrhiza* using various explants cultured on medium containing with different plant growth regulators. Adventitious shoots were induced on petiole and leaf segments cultured on the MS medium supplemented with 1 mg L^{-1} BA and 0.5 mg L^{-1} NAA (A) or 2 mg L^{-1} BA and 1 mg L^{-1} NAA (B) after 6 wk of culturing under light condition. Multiple adventitious shoots were developed directly on leaf explant (C) and petiole explant (D). Bar = 10 mm in (A) and (B); Bar = 30 mm in (C) and (D).

表 1. 培植體種類與植物生長調節劑組合對丹參不定芽形成之影響。

Table 1. Influence of explant type and plant growth regulator combination on adventitious shoot induction of *Salvia miltiorrhiza*[z].

Explant	BA (mg L^{-1})	NAA (mg L^{-1})	Shoot-buds formation (%)	Shoot-buds/explant (no.)
Petiole	0	0	0.0 c[y]	0.0 c
	1	0.5	100.0 a	3.7 a
	1	1	0.0 c	0.0 c
	1	2	0.0 c	0.0 c
	2	0.5	0.0 c	0.0 c
	2	1	33.3 b	1.8 b
	2	2	0.0 c	0.0 c
Leaf	0	0	0.0 c	0.0 c
	1	0.5	77.8 a	3.2 a
	1	1	0.0 c	0.0 c
	1	2	0.0 c	0.0 c
	2	0.5	0.0 c	0.0 c
	2	1	33.3 b	1.3 b
	2	2	0.0 c	0.0 c

[z] Explants were cultured on MS medium containing various concentrations of BA and NAA for 6 wk of culture. Each treatment had 3 replications with 6 explants per replication. Shoot-buds longer than 2 mm were scored.

[y] Means in the column followed by different letter are significantly different at the 5% level by LSD test. Percentage data were arcsine-square root transformed prior to statistical testing, but raw data is reported.

無顯著差異；平均每個葉柄或葉片培植體分別形成 3.7 與 3.2 個不定芽。而另一個具有不定芽誘導反應的培養基為2 mg L^{-1} BA與1 mg L^{-1} NAA 之處理，葉柄與葉片培植體的不定芽誘導率均為 33.3%，平均每個培植體分別可形成 1.8 與 1.3 個不定芽 (表 1)。此外，在較高濃度 (1–2 mg L^{-1}) NAA 處理可以觀察到癒合組織的形成 (資料未列)。

培植體種類、接種方式、2,4-D 濃度及預培養時間對癒合組織誘導與不定根形成之影響

葉柄與葉片培植體在含有 2,4-D 培養基中預培養 2 或 3 wk 後，繼代培養於不含生長調節劑之 MS 培養基繼續培養約 1 wk 後均可形成癒合組織，同時也有不定根的形成，但是所有處理均未有不定芽形成 (表 2、圖 2A、2B)。

就培植體與接種方式對癒合組織誘導之效果而言，以葉背接觸培養基接種方式可達 92.6–96.3% 為最高，較高於葉柄培植體 (約 66.7–88.9%) 與葉表接觸培養基接種方式 (約 59.3–74.1%) (表 2)。若以 2,4-D 濃度與預培養時間對癒合組織誘導的影響來看，葉柄培植體在 1–2 mg L^{-1} 2,4-D 濃度之癒合組織誘導率均以預培養 2 wk 處理較高，顯示延長預培養時間並不利於癒合組織之誘導。葉表 (adaxial surface) 接種方式結果顯示，1 mg L^{-1} 2,4-D 處理以預培養 3 wk 之誘導率較高，但 2 mg L^{-1} 2,4-D 處理反而以預培養 2 wk 之誘導率較高。葉背 (abaxial surface) 接種方式之結果顯示，2,4-D 濃度與預培養時間對於癒合組織誘導並無明顯影響。

就培植體與接種方式對於誘導不定根形成而言，葉背接種方式的不定根形成率平均達 93.5% (88.9–96.3%) 為最高，高於葉柄培植體平均為 79.7% (74.1–92.6%) 與葉表接種方式平均之 63% (59.3–70.4%) (表 2)。就 2,4-D 濃度與預培養時間對於不定根形成的影響來看，葉柄培植體在 4 種組合處理下，不定根形成率以 2 mg L^{-1} 2,4-D 預培養 3 wk 情況下的誘導率較高，但與預培養 2 wk 之處理間差異並不

表 2.　培植體種類、接種方式、2,4-D 濃度及其預培養時間對丹參癒合組織誘導與不定根誘導之影響。

Table 2.　Influence of explants and its inoculation surface, as well as 2,4-D concentration and its culture period on callus and adventitious root induction of *Salvia miltiorrhiza*[z].

Explant	2,4-D (mg L^{-1})	Pre-culture period (wk)	Callus formation (%)	Adventitious root formation (%)
Petiole	1	2	74.1 bcd[y]	74.1 bcd
	1	3	66.7 d	74.1 bcd
	2	2	88.9 abc	77.8 abcd
	2	3	63.0 d	92.6 ab
Leaf	1	2	59.3 d	63.0 d
(adaxial surface)	1	3	74.1 bcd	70.4 cd
	2	2	70.4 cd	59.3 d
	2	3	66.7 d	59.3 d
Leaf	1	2	96.3 a	96.3 a
(abaxial surface)	1	3	96.3 a	92.6 ab
	2	2	92.6 ab	88.9 abc
	2	3	96.3 a	96.3 a

[z] Explants were cultured on MS medium containing 1 and 2 mg L^{-1} 2,4-D for 2 or 3 wk before transferring to a PGR-free MS medium for another 4 or 3 wk of culture. Each treatment had 3 replications with 9 explants per replication.

[y] Means in the column followed by different letter(s) are significantly different at the 5% level by LSD test. Percentage data were arcsine-square root transformed prior to statistical testing, but raw data is reported.

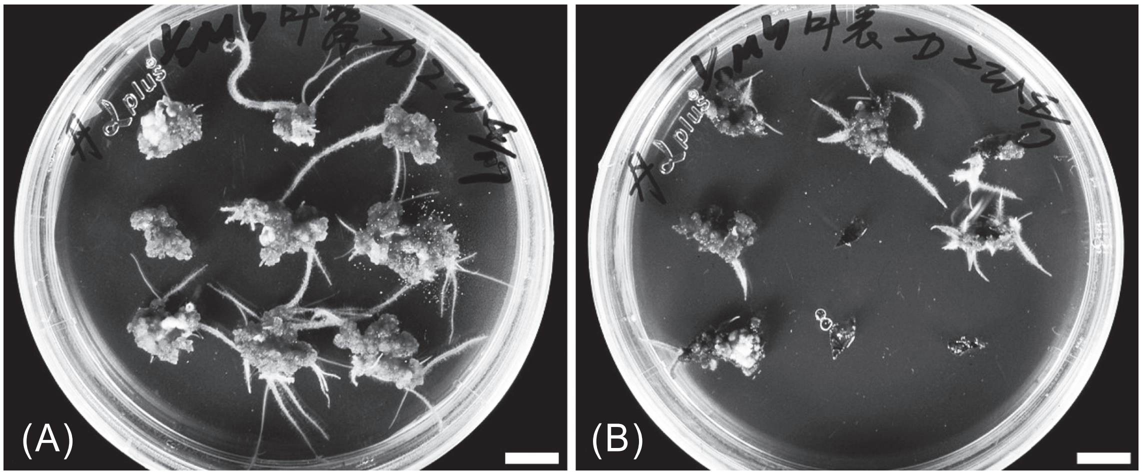

圖 2.　葉片培植體接種方式對癒合組織誘導不定芽形成之情形。葉片培植體於黑暗環境下，分別以葉背接種方式 (A) 與葉表接種方式 (B)，預培養於含有 2 mg L^{-1} 2,4-D 之 MS 培養基 2 wk，再繼代培養與不含生長調節劑之 MS 培養基 4 wk 後，癒合組織與不定根形成之情形。

Fig. 2.　Influence of inoculation surface of leaf explant on callogenesis of *in vitro Salvia miltiorrhiza*. Explants were cultured under light and dark condition. Callus and adventitious roots formation of leaf explants inoculated with abaxial surface (A) and adaxial surface (B) contacting the medium, explants were first cultured on MS medium containing 2 mg L^{-1} 2,4-D for 2 wk before sub-culturing on a PGR-free MS medium for another 4 wk of culture in darkness condition. Bar = 10 mm.

顯著。1 mg L^{-1} 2,4-D 處理下之預培養時間的兩處理間並無顯著差異。就葉表接種方式而言，以 1 mg L^{-1} 2,4-D 預培養 3 wk 情況下的誘導率較高，但 2 mg L^{-1} 2,4-D 處理下之預培養時間的兩處理間並無顯著差異。而葉背接種方式對於不定根形成之結果顯示，在 2,4-D 濃

度與預培養時間之 4 種組合處理間並無顯著差異。

植物生長調節劑組合與光照處理對間接不定芽形成之影響

葉片癒合組織培養於光照下培養 2 wk 後，癒合組織漸漸轉為淡綠色，且形成不定芽 (圖 3A)；其中添加 0.2 mg L^{-1} 2,4-D 與 2 mg L^{-1} BA 之處理顯示 100% 不定芽誘導率為最高，高於其他的處理 (66.7–89.0%)；且此處理的每個培植體平均可形成約 14.1 個不定芽，顯著高於其他處理之 3.0–8.7 不定芽/培植體 (表 3)。當葉片癒合組織培養於黑暗環境下，癒合組織之顏色雖未改變，但在癒合組織表面也會形成不定芽 (圖 3B)，其中以 0.2 mg L^{-1} 2,4-D 配合 1 或 2 mg L^{-1} BA 處理的不定芽誘導率皆達 88.7%，高於其他 2 種處理組合 (72.3–77.7%) (表 3)；此 2 種誘導率較高的生長調節劑處理，每個培植體平均可形成約 6.3–8.7 個不定芽，高於另 2 個較低 BA 濃度處理之 3.0–4.0 不定芽/培植體 (表 3)。

相同生長調節劑組合在不同光照處理下之結果顯示，其中添加 0.25–0.5 mg L^{-1} BA 與 0.2 mg L^{-1} 2,4-D 之處理，除 0.25 mg L^{-1} BA 與 0.2 mg L^{-1} 2,4-D 之處理在光照處理下的誘導效率顯著較差外，其餘 3 種處理間並無顯著差異；另在含有 1–2 mg L^{-1} BA 與 0.2 mg L^{-1} 2,4-D 之處理，除 1 mg L^{-1} BA 與 0.2 mg L^{-1} 2,4-D 之處理在光照處理下的誘導效率顯著較差外，其餘 3 種處理間並無顯著差異；在不定芽形成數方面，除 2 mg L^{-1} BA 與 0.2 mg L^{-1} 2,4-D 之處理在照光處理顯著高於黑暗處理外，其餘各生長調節劑組合在照光與否的條件下並無顯著差異 (表 3)。

討論

對於利用組織培養繁殖種苗的系統而言，培植體種類是影響不定芽形成效率的重要因子；例如毒胡蘿蔔草 (*Thapsia garganica*) (Makunga *et al*. 2003)、貫葉連翹 (*Hypericum perforatum*) (Pretto & Santarém 2000)、南丹參 (*S. bowleyana*) (Duan *et al*. 2003)、楊波屬植物 (*Buddleia* spp.) (Dai & Castillo 2007)、烏芙蓉 (*Limonium wrightii*) (Huang *et al*. 2000) 及羅漢果 (*Siraitia grosvenorii*) (Lu *et al*. 2011) 等研究均指出，培植體種類影響不定芽形成效率。不定芽形成方式又可分為直接再生

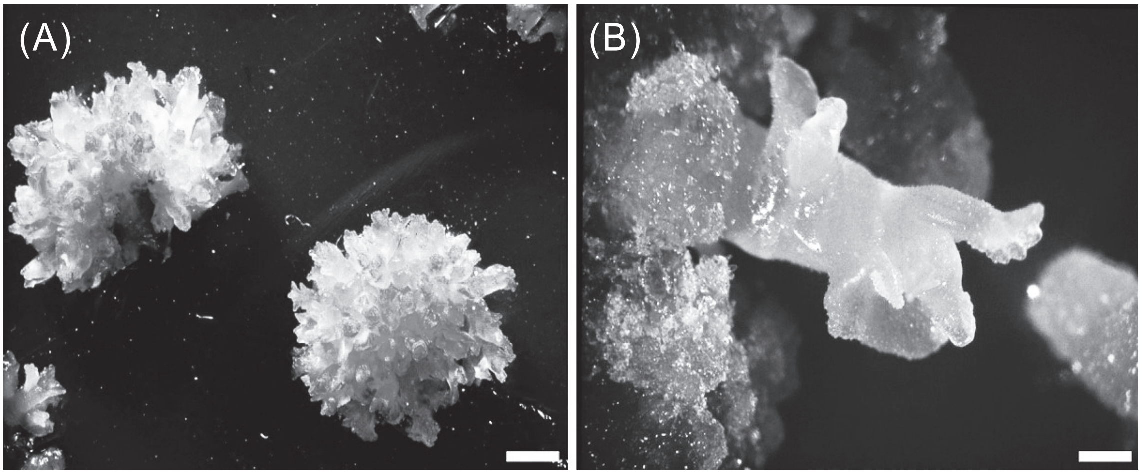

圖 3. 葉片癒合組織誘導於光照與黑暗環境下不定芽形成之情形。葉片癒合組織培養於 2 mg L^{-1} BA 配合 0.2 mg L^{-1} 2,4-D 之 MS 培養基 8 wk 後，分別在光照 (A) 與黑暗 (B) 環境下間接形成不定芽之情形。

Fig. 3. Influence of illumination on adventitious shoot induction of *in vitro Salvia miltiorrhiza*. Multiple adventitious shoots induction from the leaf-derived callus cultured on a MS medium containing 2 mg L^{-1} BA and 0.2 mg L^{-1} 2,4-D for 8 wk of culture under irradiation (Bar = 2.5 mm) (A) or under darkness condition (Bar = 0.5 mm) (B).

表 3. 植物生長調節劑組合與光照處理對丹參不定芽形成之影響。

Table 3. Influence of plant growth regulator combination and illumination condition on adventitious shoot induction of *Salvia miltiorrhiza*[z].

Treatment	BA (mg L^{-1})	2,4-D (mg L^{-1})	Shoot induction (%)	Shoots per 0.2 g callus
Light	0.25	0.2	66.7 c[y]	3.4 e
	0.5	0.2	89.0 ab	5.4 cde
	1	0.2	72.3 bc	7.0 bc
	2	0.2	100.0 a	14.1 a
Dark	0.25	0.2	72.3 bc	3.0 e
	0.5	0.2	77.7 bc	4.0 de
	1	0.2	88.7 ab	6.3 bcd
	2	0.2	88.7 ab	8.7 b

[z] Calli were cultured on MS medium containing various concentrations of BA and 0.2 mg L^{-1} 2,4-D for 8 wk of culture. Each treatment had 3 replications with 6 explants (0.2 g callus) per replication. Shoot-buds longer than 2 mm were scored.

[y] Means in the column followed by different letter(s) are significantly different at the 5% level by LSD test. Percentage data were arcsine-square root transformed prior to statistical testing, but raw data is reported.

與間接器官形成 2 種途徑，例如烏芙蓉 (Huang *et al*. 2000) 及揚波屬植物 (Dai & Castillo 2007) 可分別自不同培植體直接形成不定芽，但貫葉連翹 (Pretto & Santarém 2000) 及鉸剪藤 (*Holostemma ada-kodien*) (Martin 2002) 之不定芽形成則是經由間接形成途徑。

葉柄和葉片因為取得容易且數量較多，被廣泛利用於不定芽形成之研究，許多報告均指出可利用葉柄或葉片培植體誘導形成不定芽 (Huang *et al*. 2000; Pretto & Santarém 2000; Makunga *et al*. 2003; Skała & Wysokińska 2004; Chen *et al*. 2006; Dai & Castillo 2007; Liang *et al*. 2009; Lu *et al*. 2011; Raad *et al*. 2012)。Duan *et al*. (2003) 以南丹參之葉柄與葉片作為培植體進行試驗，過程中經由癒合組織生成再誘導不定芽形成；此外，Tiang & Wang (2003) 與 Feng *et al*. (2004) 的丹參研究指出，葉片培植體的不定芽形成係藉由間接途徑而形成。Yan & Wang (2007) 與 Xu & Sun (2008) 於丹參的研究則指出，自葉片、葉柄或莖段培植體皆可直接形成叢生芽。本研究結果也顯示可經由不具生長點的葉柄與葉片培植體直接形成芽體，或經由癒合組織間接形成不定芽。

培植體的生長分化除了受到內生荷爾蒙的影響之外，培養基中含有之生長調節劑 (細胞分裂素與生長素) 的種類與濃度對於再生路徑是主要影響因子。許多研究均以 BA 與 NAA 的組合誘導不定芽形成，例如丹參 (Tiang & Wang 2003; Yan & Wang 2007)、烏芙蓉 (Huang *et al*. 2000) 及揚波屬植物 (Dai & Castillo 2007) 等。本研究結果顯示，葉柄與葉片培植體培養於 BA 與 NAA 組合的 MS 培養基均可直接形成不定芽，顯然 BA 與 NAA 的組合對此 2 種培植體是有效的生長調節劑組合，但 6 種組合中僅其中 2 種具有誘導芽體直接形成的功效 (表 1)，可見直接芽體形成在生長素與細胞分裂素的組合上具有特殊性，這點是直接形成不定芽在篩選生長調節劑組合時較為困難的地方。

Chen *et al*. (2006) 於菊花 (*Dendranthema morifolium*) 研究指出，其器官形成與 cytokinin/auxin 濃度的平衡有關，顯示 cytokinin 與 auxin 之莫耳濃度比值為 0.8–13.4 時具有較佳的結果。此外，Yan & Wang (2007) 之丹參研究報告指出，誘導葉柄與葉片形成不定芽之最佳 BA/NAA 莫耳濃度比值分別為 8.8 與 17.6，且葉柄培植體優於葉片培植體。本研究測試 BA/NAA 莫耳濃度比值在 0.4–3.2 的情況下，但結果顯示只有在 BA/NAA 比值為 1.6 時才能誘導葉柄與葉片培植體直接形成不定芽，且同樣以葉柄培植體的誘導效果較佳。

此外，本研究之葉柄相較於葉片具有較高的不定芽誘導效率，分別可誘得最高為 3.7 與

3.2 個不定芽 (表 1)；亦相對高於利用莖節培養之 3 芽/節的增殖效率 (Chen *et al*. 2005)；Yan & Wang (2007) 在丹參的研究上比較葉柄與葉片培植體也有類似的結果，亦即以葉柄培植體具有較佳的不定芽誘導效率。然而，Xu & Sun (2008) 於丹參的研究結果顯示，丹參葉片培植體在含有 BA 但不含 NAA 的培養基中可誘導芽體形成，且葉片培植體之效率高於葉柄與莖段培植體；同樣地，Feng *et al*. (2004) 與 Tiang & Wang (2003) 也指出，丹參葉片培植體只需 1 mg L^{-1} BA 即可獲得叢生芽的誘導效果，顯然不同培養基組成對誘導培植體形成不定芽的反應具有極大的差異。Tiang & Wang (2003) 的研究亦指出，丹參葉片培養於含有 1 mg L^{-1} BA 與 0.5–2 mg L^{-1} NAA 之 MS 培養基時並無芽體形成，而在 1 mg L^{-1} BA 配合 2 mg L^{-1} NAA 處理下只會形成癒合組織。本研究結果也顯示，當培植體培養於高 NAA 濃度處理下僅會形成癒合組織但並未形成不定芽，推測較高濃度的 NAA 不利於丹參不定芽之形成。

Duan *et al*. (2003) 在南丹參研究結果指出，葉片培養於添加 2 mg L^{-1} BA 配合 0.2 mg L^{-1} 2,4-D 之 MS 培養基，可誘導癒合組織形成並產生叢生芽，但並未形成不定根。另一個丹參研究指出，葉片培養於含有 1 mg L^{-1} BA 配合 0.5–2 mg L^{-1} 2,4-D 之 MS 培養基時具有類似結果，但形成少數不定根 (Tiang & Wang 2003)。本研究結果顯示，當葉柄和葉片培植體預培養於含有 1–2 mg L^{-1} 2,4-D 的 MS 培養基 2–3 wk 時，培植體已明顯膨大且形成少量癒合組織，而後將葉片癒合組織轉移至不含生長調節劑之 MS 培養基後，癒合組織會繼續增殖。當培養達 6 wk 時已覆蓋整個培植體，此時並無不定芽形成，但在癒合組織表面可形成少數不定根。依上述研究結果推論，BA 對誘導不定芽形成應該具有促進之效果。

毒胡蘿蔔草 (Makunga *et al*. 2003) 與貫葉連翹 (Pretto & Santarém 2000) 之研究指出，葉柄與葉片培植體培養於含有 BA 與 NAA 的培養基可直接形成芽體，但葉片培植體必須以葉背接觸培養基的方式接種。本研究測試葉表或葉背接觸培養基的接種方式結果顯示，誘導丹參癒合組織最佳方法為利用葉背接觸培養基的方式，癒合組織誘導率可達 96.3%，顯著高於葉柄培植體與另一種葉表接觸培養基的接種方式 (表 2)。然而，矮叢藍莓 (*Vaccinium angustifolium*) 則是利用葉表接觸培養基的方式誘導不定芽形成 (Debnath 2009)。推測葉表與葉背之差異在於氣孔之有無，因此影響培植體對於養分及生長調節劑的吸收而造成分化上的差異。

對於丹參癒合組織誘導而言，除了受到培植體種類、接種方式及 2,4-D 濃度的影響之外，2,4-D 預培養的時間的長短也是影響因子之一，葉柄培植體預培養 2 wk 的效率顯著高於 3 wk 的處理；但葉片培植體方面則是不同接種方式有著不同結果，就葉表接觸培養基而言，延長低濃度 2,4-D (1 mg L^{-1}) 處理時間至 3 wk 有助於癒合組織的誘導。但濃度提高為 2 mg L^{-1} 後，延長預處理時間反而不利癒合組織的形成。若就葉背接種方式而言，則不受到 2,4-D 預培養時間的影響，均可達到最高的癒合組織誘導效率。此外，對於誘導丹參不定根形成而言，提高 2,4-D 濃度與延長預處理時間有利於誘導葉柄形成不定根，但葉表接種方式在低濃度 2,4-D (1 mg L^{-1}) 處理下，延長預處理時間有助於誘導不定根形成。若以葉背接種方式而言，則不受 2,4-D 濃度與預培養時間的影響，均有最高的不定根形成率 (表 2)。推測以葉背接種方式因培植體對養分與生長調節劑之吸收效率較佳，因此在較低 2,4-D 濃度處理即可達到誘導之效果，提高濃度之效應反而不明顯。

癒合組織是一群未分化的薄壁細胞團，可藉由繼代培養大量增生，也可分化成為各種組織、器官或植株，形成高效率的無性繁殖體系，此即分化全能性 (totipotency) 的概念。貫葉連翹研究結果顯示，當葉片培植體培養於含有 2,4-D 之培養基可誘導癒合組織形成，若添加 BA 則不利於癒合組織形成，當培養基中單獨存在 2,4-D 或 BA 與 2,4-D 的組合，則可增殖癒合組織，而且 BA 可促使不定芽形成 (Pretto & Santarém 2000)。Martin (2002) 在鉸

剪藤的研究指出，葉片培養於只含 BA 或不含生長調節劑的 MS 培養基即可誘得癒合組織。本研究室曾測試 0.25–2 mg L^{-1} BA 與 0.2 mg L^{-1} 2,4-D 的組合對癒合組織增殖的影響，結果顯示各種生長調節劑組合處理間並沒有顯著差異 (資料未列)，顯示 BA 濃度並非影響癒合組織生成之主要因子。然而，在葉片癒合組織的表面卻形成少數不定芽；顯然 BA 對於癒合組織的增殖並無顯著影響，但卻具有誘導不定芽形成的效果。

Mundhara & Rashid (2002) 的研究報告指出，光照處理對於亞麻 (*Linum usitatissimum*) 組織培養之芽體分化而言，是一個必要的條件。火鶴花 (*Anthurium andraeanum*) 研究結果顯示，在黑暗條件可誘導癒合組織形成，但是需要在光照條件下誘導不定芽形成 (Raad *et al*. 2012)。然而，Dai & Castillo (2007) 於楊波屬植物研究指出，黑暗培養可增進芽體形成效率。本研究結果顯示，葉片癒合組織間接形成不定芽的最佳表現 (100% 誘導率；14.1 不定芽/培植體)，必須配合光照處理才能達成；但本研究結果也顯示，無論光照或黑暗條件之葉片癒合組織均能形成不定芽，因此光照處理對於不定芽誘導並非絕對必要，但卻具有提高不定芽形成效率的作用。

丹參 (Feng *et al*. 2004) 與南丹參 (Duan *et al*. 2003) 不定芽形成過程中，較高濃度 BA 處理所得之不定芽往往會成為玻璃質化苗 (hyperhydric plantlet)。Tiang & Wang (2003) 於丹參的研究指出，較高 BA 處理所誘得的不定芽數較多，但這些芽體往往呈現玻璃質化 (hyperhydricity) 現象，因此利用較低 BA 濃度誘導正常不定芽生長是較佳的方式，高誘導增殖率須考量芽體的品質是否能夠被接受。本研究同樣也有此問題，亦即不定芽中約 10% 玻璃質化苗的產生 (資料未列)；然而後續可利用透氣培養方式，解決玻璃質化組培苗的問題 (Chen *et al*. 2005; Chen *et al*. 2007)。

高效率的組織培養芽體形成系統除可應用於誘變及多倍體誘導外，亦為基因轉殖成功之基本要件，因為對誘變育種或基因轉殖系統而言，一個能夠產生大量不定芽形成的系統有其必要性；本研究顯示利用癒合組織產生不定芽的效率較直接形成不定芽的方式來得高，但癒合組織可能伴隨有變異機率提高的可能性，必須加以注意 (Makunga *et al*. 2003; Yan & Wang 2007)。綜而言之，本研究已建立丹參直接與間接形成不定芽的繁殖系統；其一，葉柄與葉片培植體均可直接形成不定芽，而葉柄培植體的直接形成不定芽效率較葉片培植體高，培養於含有 1 mg L^{-1} BA 與 0.5 mg L^{-1} NAA 之 MS 培養基中 6 wk 後，即可獲得 100% 的誘導率，且每個培植體可產生 3.7 個不定芽；其二，透過葉片癒合組織可間接形成不定芽，並可利用光照培養提高芽體形成效率，0.2 g 癒合組織培養於含有 2 mg L^{-1} BA 與 0.2 mg L^{-1} 2,4-D 之 MS 培養基中 8 wk 後，即可獲得 100% 的誘導率與 14.1 個不定芽。上述研究結果應可提供丹參種苗量產、誘變育種或基因轉殖等研究的參考依據。

誌謝

本試驗研究承農委會農業生物技術國家型計畫經費補助 (NSC 95-2317-B-055-003、NSC 96-2317-B-055-007)；本文承行政院農業委員會農業試驗所花卉研究中心蔡嫺婷博士協助審閱，特此申謝。

引用文獻

Cai, Z., F. S. C. Lee, X. R. Wang, and W. J. Yu. 2002. A capsule review of recent studies on the application of mass spectrometry in the analysis of Chinese medicinal herbs. J. Mass. Spectrom. 37:1013–1024.

Chen, U. C., J. Y. Tsao, and C. N. Hsia. 2007. *In vitro* shoot acclimation and tanshinones analysis of *Salvia miltiorrhiza*. J. Agric. Res. Taiwan 56:21–30. (in Chinese with English abstract)

Chen, U. C., Y. J. Shiau, H. S. Tsay, and C. N. Hsia. 2005. Influence of cytokinin and ventilating container closure on shoot proliferation and hyperhydricity of *in vitro Salvia miltiorrhiza* culture. J. Taiwan Agric. Res. 54:93–102. (in Chinese with English abstract)

Chen, W. C., J. H. Lin, C. S. Wang, J. Y. Tsao, and C. N. Hsia. 2006. Influences of cytokinins and antibiotics on shoot regeneration of chrysanthemum cultivars. J. Taiwan Soc. Hort. Sci. 53:119–126. (in Chinese with English abstract)

Dai, W. and C. Castillo. 2007. Factors affecting plant regeneration from leaf tissue of *Buddleia* species. HortScience 42:1670–1673.

Debnath, S. C. 2009. A two-step procedure for adventitious shoot regeneration on excised leaves of lowbush blueberry. *In Vitro* Cell. Dev. Biol. Plant 45:122–128.

Duan, Y. Z., Y. Z. Niu, Y. Z. Liu, S. X. Guo, and C. Z. Peng. 2003. *In vitro* rapid propagation and induction of polyploidy with colchicine in *Salvia bowleyana*. Plant Physiol. Commun. 39:201–205. (in Chinese with English abstract)

Feng, L. L., S. J. Guo, S. Y. Zhou, M. H. Fan, and J. Y. Zhou. 2004. Research on propagative technique of *Salvia miltiorrhiza* Bunge *in vitro*. J. Wuhan Bot. Res. 22:463–468. (in Chinese with English abstract)

Guo, B. L., Y. X. Feng, and Y. J. Zhao. 2002. Review of germplasm resources studies on *Salvia miltiorrhiza*. China J. Chin. Mate. Med. 27:492–495. (in Chinese with English abstract)

Huang, C. L., M. T. Hsieh, W. C. Hsieh, A. P. Sagare, and H. S. Tsay. 2000. *In vitro* propagation of *Limonium wrightii* (Hance) Ktze. (Plumbaginaceae), an ethnomedicinal plant, from shoot-tip, leaf- and inflorescence-node explants. *In Vitro* Cell. Dev. Biol. Plant 36:220–224.

Liang, H. W., F. X. Wang, and S. W. Choi. 2009. Tissue culture and plant regeneration of *Salvia miltiorrhiza* Bge.f.alba. J. Anhui Agric. Sci. 37:9876–9904. (in Chinese with English abstract)

Lu, H., J. Liu, H. Zhang, and S. Gao. 2011. Regeneration of Lo Han Kuo (*Siraitia grosvenori*) *in vitro* by direct organogenesis. J. Northeast Agric. Univ. 18:18–23.

Makunga, N. P., A. K. Jäger, and J. van Staden. 2003. Micropropagation of *Thapsia garganica*- a medicinal plant. Plant Cell Rep. 21:967–973.

Martin, K. P. 2002. Rapid propagation of *Holostemma ada-kodien* Schult., a rare medicinal plant, through axillary bud multiplication and indirect organogenesis. Plant Cell Rep. 21:112–117.

Mundhara, R. and A. Rashid. 2002. Stimulation of shoot-bud regeneration on hypocotyl of *Linum* seedlings, on a transient withdrawal of calcium: Effect of calcium, cytokinin and thidiazuron. Plant Sci. 162:211–214.

Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. Physiol. Plant. 15:473–497.

Nalawade, S. M., A. P. Sagare, C. Y. Lee, C. L. Kao, and H. S. Tsay. 2003. Studies on tissue culture of Chinese medicinal plant resources in Taiwan and their sustainable utilization. Bot. Bull. Acad. Sin. 44:79–98.

Pretto, F. R. and E. R. Santarém. 2000. Callus formation and plant regeneration from *Hypericun perforatum*. Plant Cell Tiss. Org. 62:107–113.

Raad, M. K., S. B. Zanjani, M. Shoor, Y. Hamidoghli, A. R. Sayyad, A. Kharabian-Masouleh, and B. Kaviani. 2012. Callus induction and organogenesis capacity from lamina and petiole explants of *Anthurium andraeanum* Linden (Casino and Antadra). Aust. J Crop Sci. 6:928–937.

Saper, R. B., S. N. Kales, J. Paquin, M. J. Burns, D. M. Eisenberg, R. B. Davis, and R. S. Phillips. 2004. Heavy metal content of ayurvedic herbal medicine products. JAMA 292:2868–2873.

SAS Institute Inc. 2001. SAS/STAT User's Guide. Version 8.2, Vol. 2. SAS Institute Inc. Cary, NC. 943 pp.

Skała, E. and H. Wysokińska. 2004. *In vitro* regeneration of *Salvia nemorosa* L. from shoot tips and leaf explants. *In Vitro* Cell. Dev. Biol. Plant 40:592–602.

Tiang, Y. H. and Z. Z. Wang. 2003. Tissue culture and plantlet regeneration of *Salvia miltiorrhiza* Bge. J. Shaanxi Normal Univ. (Nature Science Edition) 31:99–102. (in Chinese with English abstract)

Wang, J. W. and J. Y. Wu. 2010. Tanshinone biosynthesis in *Salvia miltiorrhiza* and production in plant tissue culture. Appl. Microbiol. Biotechnol. 78:437–449.

Xu, M. Y. and Q. Z. Sun. 2008. Buds induction and high-frequency plant regeneration of *Salvia miltiorrhiza* Bunge. J. Agric. Sci. Technol. 10:76–80.

Xu, Y. Y., R. Z. Wan, Y. P. Lin, L. Yang, Y. Chen, and C. X. Liu. 2007. Recent advance on research and application of *Salvia miltiorrhiza*. Asian J. Pharmacodyn. Pharmacokinet. 7:99–130.

Yan, Y. P. and Z. Z. Wang. 2007. Genetic transformation of the medical plant *Salvia miltiorrhiza* by *Agrobacterium tumefaciens*-mediated method. Plant Cell Tiss. Org. 88:175–184.

Zhou, L., Z. Zuo, and M. S. S. Chow. 2005. Danshen: An overview of its chemistry, pharmacology, pharmacokinetics, and clinical use. J. Clin. Pharmacol. 45:1345–1359.

Zhou, W., Y. F. Shen, J. F. Chen, L. M. Dai, G. Y. Kai, and G. Y. Zhou. 2007. Research and development of biotechnology of *Salvia miltiorrhiza* Bunge. J. Biol. 24:48–51. (in Chinese with English abstract)

Influence of Explant, Plant Growth Regulator and Illumination on Adventitious Shoot Induction of *In Vitro* Cultured *Salvia miltiorrhiza*

Uei-Chern Chen[1], Jhin-Yi Tsao[1], and Chi-Ni Hsia[2,*]

Abstract

Chen, U. C., J. Y. Tsao, and C. N. Hsia. 2016. Influence of explant, plant growth regulator and illumination on adventitious shoot induction of *in vitro* cultured *Salvia miltiorrhiza*. J. Taiwan Agric. Res. 65(4):384–394.

Petiole and leaf explants derived from *in vitro Salvia miltiorrhiza* were used for shoot regeneration in this study. The highest adventitious shoot formation rate of 100% with 3.7 shoots/explant in average was obtained from petiole segments cultured on Murashige and Skoog's (MS) medium containing 1 mg L^{-1} N^6-benzyladenine (BA) and 0.5 mg L^{-1} α-naphthaleneacetic acid (NAA) for 6 wk of culture. Callus and adventitious roots were induced from petiole and leaf segments pre-cultured on the MS medium supplemented with 1–2 mg L^{-1} 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) for 2–3 wk followed by transferring on a hormone-free MS basal medium for a total 6 wk of culture. Calli were proliferated on the MS basal medium containing 0.25 mg L^{-1} BA and 0.2 mg L^{-1} 2,4-D under darkness for 8 wk of culture along with few adventitious shoots were found. Proliferated calli were subcultured to the medium containing with same concentration of 2,4-D in combination with various BA concentration under light and dark condition for shoot regeneration. The highest induction number of adventitious shoots was 14.1 shoots 0.2 g^{-1} callus from the medium containing 2 mg L^{-1} BA under light condition. An efficient micropropagation system of *Salvia miltiorrhiza* by direct and indirect adventitious shoot regeneration systems were established in this study which would not only supply for plantlet production but also apply on mutation and genetic transformation studies.

Key words: Directly organogenesis, Indirectly organogenesis, Callus formation, Micropropagation.

Received: November 5, 2015; Accepted: February 17, 2016.

[*] Corresponding author, e-mail: hsia@tari.gov.tw
[1] Assistant Research Fellows, Biotechnology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.
[2] Research Fellow, Biotechnology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 65(4):395–405 (2016)
DOI: 10.6156/JTAR/2016.06504.05

研究報告

台灣鳳梨害蟲名錄之修訂

黃守宏[1]　王泰權[2,*]

摘要

黃守宏、王泰權。2016。台灣鳳梨害蟲名錄之修訂。台灣農業研究 65(4):395–405。

鳳梨為台灣近年來重要外銷水果之一，害蟲名錄之建立為外銷輸出入檢疫之重要依據。據往昔紀錄，鳳梨害蟲有 10–34 種不等，但據近年來在台灣鳳梨主要產區田間調查，重新審訂台灣鳳梨害蟲之名錄發現，目前危害台灣鳳梨之害蟲共計有 15 種及 1 種害蟎。其中，台灣黃毒蛾 [*Euproctis taiwana* (Shiraki)] 為新興害蟲，並排除柑桔葉蟎 [*Panonychus citri* (McGregor)]、樟楠足扇介殼蟲 [*Podoparalecanium machili* (Takahashi)]、側骨牡蠣介殼蟲 (*Lepidosaphes laterochitinosa* Green)、絲粉介殼蟲 [*Ferrisia virgata* (Cockerell)]、桔臀粉介殼蟲 [*Planococcus citri* (Risso)]、柑桔嫡粉介殼蟲 [*Pseudococcus calceolariae* (Maskell)]、康氏粉介殼蟲 [*Pseudococcus comstocki* (Kuwana)]、椰子犀角金龜 [*Oryctes rhinoceros* (Linnaeus)]、大衛大天牛 (*Batocera davidis* Deyrolle)、皺胸山天牛 [*Nadezhdiella cantori* (Hope)] 及斜紋夜盜蛾 [*Spodoptera litura* (Fabricius)] 等 11 種曾被記錄為台灣鳳梨之害蟲。

關鍵詞：台灣、鳳梨、害蟲名錄。

前言

鳳梨為世界三大熱帶水果之一，在台灣種植面積約 11,000 ha，年產量約 452,000 Mg (Wu 2011)。相對於其他水果，鳳梨果實皮厚堅硬，更適於外銷儲運工作的進行。台灣自從加入世界貿易組織 (World Trade Organization) 後，鳳梨即成為具外銷潛力之熱帶果品之一，並於 2004 年開始積極輔導鳳梨外銷工作、健全外銷生產體系及符合安全規範等相關措施，促使鳳梨成為台灣外銷重要經濟作物之一。近年來外銷量呈現穩定成長，達到近 20 餘年來外銷量之新高，產值約 2 億美元，外銷地區以中國為主，日本次之 (Wu 2011)。

隨著台灣加入世界貿易組織，其中有關食品安全檢驗與動植物防疫檢疫措施協定 (Agreement on the Application of Sanitary and Phytosanitary Measures)，締約國各方為進行貨品貿易時所採行的風險評估，其中所考慮的事項包含各方現存之害蟲是否具檢疫重要性，以及因害蟲傳入、立足及傳播所造成之生產損失等。害蟲名錄之建立，為最基礎且為最重要之檢疫參考資料。台灣的鳳梨為重要外銷作物之一，在相關檢疫規範上更應特別謹慎與防範。

台灣最早栽培之鳳梨品種來自中國廣東及福建一帶，在日據時期，陸續自美國夏威夷、爪哇、新加坡、菲律賓及婆羅洲等地引入加工用品種，而現今鮮食用之品種，則以先前引入之品種進行改良之成果 (Chang & Kuan 2001)。雖然在光復之前，即已初步建立鳳梨害蟲名錄 (Miwa 1943)，但隨著時代科技之進步，鳳梨品種改良、栽培技術更新及害蟲調查與研究等資訊之發達，鳳梨害蟲名錄之建立亦須隨之更迭，以符合時代所需。然而，台灣鳳梨有害生物名錄之建立，目前仍多以 Tsai

投稿日期：2015 年 7 月 9 日；接受日期：2016 年 2 月 23 日。
* 通訊作者：tcw@dns.caes.gov.tw
[1] 農委會農業試驗所嘉義農業試驗分所植物保護系副研究員。台灣 嘉義市。
[2] 農委會農業試驗所嘉義農業試驗分所植物保護系助理研究員。台灣 嘉義市。

(1965) 為主要參考資訊，後期所建立之資料則包含中國學者的報告，造成許多有害生物亦被列入台灣鳳梨害蟲名錄中，增加諸多誤植的困擾。本文擬藉由近年來重新調查鳳梨上所發生之有害生物種類，並整理與審訂往昔有關台灣鳳梨上之有害生物名錄，其中包含其他國家針對台灣鳳梨有害生物所整理之資料，確切釐清真正發生於台灣鳳梨上之有害生物種類，特別是針對外銷最主要之中國及日本等國家為主，提供有關台灣出口檢疫及外銷協商等最基本也最重要的參考資料。

材料與方法

名錄依據及分類文獻來源蒐集

本名錄修訂方法包含蒐集日據時期、台灣光復至今及中國發表有關台灣鳳梨害蟲之調查與名錄等報告為基礎，直接與田間實際調查結果來進行有害生物名錄的比對，摒除以往文獻中未附參考文獻之存疑有害生物紀錄，達到本研究增修訂有害生物名錄的正確性。

主要鳳梨產區田間害蟲調查

本調查由筆者自 2009–2013 年，於屏東、高雄及嘉義等鳳梨主要產區中，每 2 wk 以目視調查鳳梨上之有害生物種類，每次每分地取樣調查 600–800 株，期間亦隨機至各縣市鳳梨園中採樣，所採集到可疑及無法鑑定之有害生物種類者，標本送請行政院農業委員會農業試驗所應用動物組昆蟲分類研究室協助鑑定。針對文獻上未記錄之害蟲種類，則攜回實驗室或以套網飼育，若該害蟲可取食危害並完成生活史，則確定其為害蟲種類，否則僅能判定鳳梨為其食料作物 (food plant)，並非其寄主植物 (host plant) (Shih *et al*. 2013)。

修訂有害生物名錄

本研究之有害生物名錄修正與判定存疑種的方式，主要參考 Shih *et al*. (2013) 所建立之方法 (如表 1)，內包含每一害蟲 (蟎) 所屬之分類階層 (taxonomic category)、學名 (scientific name)、中英文俗名 (common name) 及引用文獻 (cited reference) 等資訊。學名同物異名主要以全球生物多樣性資訊機構 (Global Biodiversity Information Facility; GBIF) 的 GBIF Backbone Taxonomy (http://www.gbif.org/dataset/d7dddbf4-2cf0-4f39-9b2a-bb099caae36c)、生命大百科 (Encyclopedia of Life, http://eol.org/) 及維基百科 (Wikipedia, https://sv.wikipedia.org/wiki/Wikipedia) 進行查詢。其中，介殼蟲類之分類資訊因異名眾多不與羅列，亦可參考 ScaleNet (http://www.sel.barc.usda.gov/scalenet/query.htm)。害蟲之分類階層採取中文與拉丁文並列，索引用之文獻亦詳列出作者、發表年代及引用資料出處與頁碼，以方便往後學者查閱。害蟲危害之分級標準，以如未採取防治措施，當害蟲族群密度增加，嚴重影響鳳梨生長者，為主要害蟲 (major or key pest) 表示；害蟲一般造成作物經濟損失不高，但於管理失當的情況下，此害蟲亦有可能取代為主要害蟲者，則以次要害蟲 (minor or secondary pest) 表示；於特定時間發生之區域性害蟲，則以偶發性害蟲 (occasional pest) 表示；先前未被記錄為害蟲，經本研究調查及飼育後，確定可以為害鳳梨及完成生活史者，則以新興害蟲 (emerging pest) 表示 (Pena *et al*. 1997)。

台灣鳳梨害蟲 (蟎) 存疑種之判定

為釐清發生在台灣鳳梨害蟲 (蟎) 之資訊，其發生若為 (1) 首次被記錄為台灣鳳梨上之害蟲，惟日後野外調查亦未被發現者；(2) 屬於多食性害蟲 (polyphagous) 種類，曾被列為鳳梨害蟲，之後卻無報告證明者；(3) 上述兩種害蟲種類，其幼蟲期個體在野外被採集，並攜回實驗室或套網飼育，但無法成功存活者；(4) 曾在報告中記載為台灣鳳梨害蟲種類，但證實台灣當時並無此種害蟲存在，或寄主確定不含鳳梨。具上述情形者，均判定為存疑種 (Shih *et al*. 2013)。

結果

本研究修訂之「台灣鳳梨害蟲 (蟎) 名錄」總計包含 5 目 8 科 15 種之昆蟲與 1 科 1 種之蟎類 (表 1、表 2)，其中之台灣黃毒蛾為新興

表 1. 台灣鳳梨害蟲 (蟎) 名錄。

Table 1. An annotated checklist of pineapple insect pests and mites from Taiwan.

Taxonomic category/Scientific name	Preferred common name (Chinese name)	Cited reference with information of pineapple insect pests and mites from Taiwan	Associated with pineapple root (R), stem (S), leaf (L), flower (Fl) or fruit (Fr)	Category of pest
Arachnida 蛛形綱				
Acarina 蟎蜱目				
1. Tenuipalpidae 偽葉蟎科				
(1) *Dolichotetranychus floridanus* (Banks 1900) Syn.: *Stigmaeus floridanus* Banks, 1906	Pineapple false spider mite (鳳梨偽葉蟎)	Tseng (1994)	L	Minor
Insecta 昆蟲綱				
Orthoptera 直翅目				
1. Acrididae 蝗科				
(1) *Atractomorpha sinensis* Bolivar, 1905 Syn.: *Atractomorpha ambigua* Bolivar, 1905	Pinkwinged grasshopper (紅后負蝗)	Miwa (1943:117); Tsai (1965:9)	L	Minor
(2) *Oxya velox* (Fabricius 1787) Syn.: *Gryllus velox* Fabricius 1787; *Oxya japonica* (Thunberg 1815); *Heteracris apta* Walker, 1870; *Oxya apta* (Walker 1870)	Short-horned grasshopper (長翅稻蝗)	Miwa (1943:119); Tsai (1965:12)	L	Minor
2. Gryllidae 蟋蟀科				
(3) *Gryllus bimaculatus* (De Geer 1773) Syn.: *Acheta bimaculatus* (De Geer 1773); *Liogryllus bimaculatus* (De Geer 1773); *Acheta campestris* Fabricius, 1775; *Acheta capensis* Fabricius, 1775; *Gryllus campestris* Fabricius, 1775; *Liogryllus campestris* (Fabricius 1775); *Acheta bimaculata* Herbst 1788; *Gryllus rubricollis* Stoll, 1813; *Gryllus lugubris* Stål, 1855; *Gryllus marginalis* Walker, 1869; *Gryllus interruptus* Walker, 1869; *Gryllus ater* Saussure, 1877	Two-spotted cricket (黑蟋蟀)	Miwa (1943:113); Tsai (1965:14)	R	Minor
(4) *Teleogryllus mitratus* (Burmeister 1838) Syn.: *Acheta mitrata* (Burmeister 1838); *Gryllus membranaceus* Serville, 1838; *Gryllus mitratus* Burmeister, 1838; *Teleogryllus macroteleogryllus mitratus* (Burmeister, 1838); *Teleogryllus membranaceus* (Serville 1839); *Gryllus testaceus* Walker, 1869; *Teleogryllus testaceus* (Walker 1869); *Gryllus chinensis* Saussure 1877; *Teleogryllus chinensis* (Saussure 1877)	白緣眉紋蟋蟀	Miwa (1943:114); Tsai (1965:15); Yang & Yang (1999)	R	Minor

表 1.　台灣鳳梨害蟲 (蟎) 名錄 (續)。

Table 1.　An annotated checklist of pineapple insect pests and mites from Taiwan (continued).

Taxonomic category/Scientific name	Preferred common name (Chinese name)	Cited reference with information of pineapple insect pests and mites from Taiwan	Associated with pineapple root (R), stem (S), leaf (L), flower (Fl) or fruit (Fr)	Category of pest
(5) *Brachytrupes portentosus* (Lichtenstein 1796) Syn.: *Acheta portentosus* Lichtenstein, 1796; *Brachytrypes portentosus* (Lichtenstein 1796); *Brachytrypes portentosa* (Lichtenstein 1796); *Brachytrypus achatinus* (Stoll, C. 1813); *Gryllus achatinus* Stoll, 1813; *Acheta achatinus* Stoll, 1813; *Gryllus fuliginosus* Stoll, 1813; *Acheta fuliginosus* Stoll, 1813; *Brachytrupes ustulatus* Serville, 1838; *Brachytrypes portentosus* Rehn, 1909; *Liogryllus formosanus* Matsumura, 1910; *Brachytrupes pedestris* Chopard, 1933; *Brachytrupes formosanus* Chopard, 1961	Taiwan giant cricket (台灣大蟋蟀)	Miwa (1943:114); Yang & Yang (1999)	R	Minor
Isoptera 等翅目				
1. Termitidae 白蟻科				
(1) *Odontotermes formosanus* (Shiraki 1909) Syn.: *Termes formosana* Shiraki, 1909	Black-winged subterranean termite (黑翅土白蟻)	Miwa (1943:113); Tsai (1965:17)	R	Minor
Hemiptera 半翅目				
1. Diaspididae 盾介殼蟲科				
(1) *Diaspis bromeliae* (Kerner 1778)	Pineapple scale (鳳梨盾介殼蟲)	Miwa (1943:98); Tsai (1965:88)	L	Minor
(2) *Melanaspis smilacis* (Comstock 1883)	Smilax scale (菝契黑圓盾介殼蟲)	Tao (1999:98)	L	Minor
(3) *Aspidiotus nerii* Bouché, 1883	Oleander scale (圓盾介殼蟲)	Wu (1994:601)	L	Minor
(4) *Lepidosaphes gloverii* (Packard 1869)	Long mussel scale (長蠣盾介殼蟲)	Wu (1994:635)	L	Minor
2. Pseudococcidae 粉介殼蟲科				
(5) *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell 1893)	Pink pineapple mealybug (鳳梨嫡粉介殼蟲)	Miwa (1943:103); Tsai (1965:75)	L, Fr	Major
(6) *Pseudococcus longispinus* (Targioni Tozzetti 1867)	Long-tailed mealybug (長尾粉介殼蟲)	Tsai (1965:76); Wu (1994:591)	L	Minor
Coleoptera 鞘翅目				
1. Scarabaeidae 金龜子科				
(1) *Anomala expansa* (Bates 1866) Syn.: *Euchlora expansa* Bates, 1866	Cupreous beetle (台灣青銅金龜)	Miwa (1943:34); Tsai (1965:139)	L	Minor

表 1. 台灣鳳梨害蟲 (蟎) 名錄 (續)。

Table 1. An annotated checklist of pineapple insect pests and mites from Taiwan (continued).

Taxonomic category/Scientific name	Preferred common name (Chinese name)	Cited reference with information of pineapple insect pests and mites from Taiwan	Associated with pineapple root (R), stem (S), leaf (L), flower (Fl) or fruit (Fr)	Category of pest
Lepidoptera 鱗翅目				
1. Noctuidae 夜蛾科				
(1) *Agrotis ipsilon* (Hufnagel 1766) Syn.: *Phalaena ipsilon* Hufnagel, 1766; *Noctua suffusa* Denis & Schiffermüller, 1775; *Noctua ypsilon* Rottemburg, 1777; *Phalaena idonea* Cramer, 1780; *Bombyx spinula* Esper, 1786; *Phalaena spinifera* Villers, 1789; *Phalaena spinula* Donovan, 1801; *Agrotis telifera* Harris, 1841; *Agrotis bipars* Walker, 1857; *Agrotis frivola* Wallengren, 1860; *Agrotis aneituma* Walker, 1865; *Agrotis pepoli* Bertolini, 1874; *Agrotis aureola* Schaus, 1898	Black cutworm, Greasy cutworm (球菜夜蛾)	Miwa (1943:58); Tsai (1965:114)	L	Minor
2. Erebidae 裳蛾科				
(2) *Euproctis taiwana* (Shiraki 1913) Syn.: *Porthesia taiwana* Shiraki, 1913	Tussock moth (台灣黃毒蛾)	Huang & Lin (2014)	Fl	Emerging pest, Minor

之害蟲種類。另外，由文獻比對、考證及實地調查之結果，共有 11 種害蟲列為存疑種，將此類害蟲排除於名錄外，其結果詳列如下：

台灣鳳梨害蟲 (蟎) 名錄修訂及存疑種之判定

日據治時期 (1945 年以前)**：**有關台灣鳳梨害蟲之報告僅有 Miwa (1943) 所著之「台灣害蟲名彙」(表 1、表 2)，其中記載危害台灣鳳梨之害蟲種類計有 5 目 10 種。

台灣光復至今 (1945 年以後)**：**1945 年以後有關台灣鳳梨害蟲名錄之報告，包含 Tsai (1965)、Chen (2002) 及 Lin (2002) 等。Tsai (1965) 所著「台灣植物害蟲名彙」專書，記錄可為害鳳梨害蟲種類 5 目 14 種，該書之引用文獻在序文中表明以 Miwa (1943) 「台灣害

表 2. 往昔及本研究記錄之鳳梨害蟲及害蟎種類數。

Table 2. Total number of pineapple pest species of Taiwan from previous studies and present study.

Taxonomic category	Total number of pineapple pest species					
	Miwa (1943)	Tsai (1965)	Chen (2002)	Lin (2002)	Jiang *et al.* (2011)	Present study
Orthoptera	5	4	5	6	8	5
Isoptera	1	1	1	1	1	1
Hemiptera	2	6	8	9	21	6
Coleoptera	1	1	2	2	2	1
Lepidoptera	1	2	1	-	1	2
Thysanoptera	-	-	-	-	1	-
Insecta	10	14	17	18	34	15
Arachnida	-	-	1	1	3	1

蟲名彙」為主，及收集 1945 年以後學者所發表的新紀錄種，惜新紀錄種之害蟲種類並未標明引用報告出處。經比對 Miwa (1943) 及 Tsai (1965) 之記載名錄害蟲種類中，發現 Tsai (1965) 的報告中之增列及漏列的害蟲種類，其中增列的半翅目 (Hemiptera) 之絲粉介殼蟲 [*Ferrisia virgata* (Cockerell)]、樟楠足扇介殼蟲 [*Podoparalecanium machili* (Takahashi)]、桔臀粉介殼蟲 [*Planococcus citri* (Risso) = *Pseudococcus citri* (Risso)] 及鱗翅目 (Lepidoptera) 的斜紋夜盜蛾 [*Spodoptera litura* (Fabricius)] 等 4 種，經查閱 Chiu (1958, 1966) 所著之「台灣昆蟲學文獻索引 (1684–1957)」與「台灣昆蟲學文獻索引續編 (1957–1966)」，及 Zoological Record 資料檢索查詢，顯示並未有上述增列害蟲危害鳳梨之報告。此等害蟲雖然曾被列為鳳梨害蟲，但之後卻無報告證明為害之存疑種，符合本研究所列「某些屬於多食性昆蟲種類，於台灣從無研究報告證明可危害鳳梨，但在某些名錄上列為鳳梨害蟲」之存疑種方式處理，故將這些種類列為台灣鳳梨害蟲之存疑種 (附錄)。

近期 Chen (2002) 所著「台灣大陸兩地常見果樹害蟲對照」一書，其中所列舉之分布台灣鳳梨害蟲 (蟎) 種列計有 6 目 18 種 (表 1、表 2)。但每一種有害生物並未單獨說明其引用出處，經查閱其參考文獻書目中，所引用台灣學者之報告以 Tsai (1965) 為主，其他尚包含中國學者所發表之資料，致使許多種類歸類於台灣鳳梨有害生物名錄中，有待商榷。諸如其中所列出之側骨牡蠣介殼蟲 (*Lepidosaphes laterochitinosa* Green) 及椰子犀角金龜 [*Oryctes rhinoceros* (Linnaeus)] 雖分布於台灣，但經由 Zoological Record 查證此 3 種害蟲並未記錄於鳳梨上危害，符合曾在報告中記載為台灣鳳梨害蟲種類，但證實台灣當時並無此種害蟲存在，因此判定為存疑種。柑桔葉蟎 [*Panonychus citri* (McGregor)] 的寄主並沒有鳳梨，符合曾在報告中記載為台灣鳳梨害蟲種類，但寄主確定不含鳳梨，此害蟎亦判定為鳳梨害蟲名錄中之存疑種 (附錄)。

Lin (2002) 所著「台灣與大陸經濟果樹害蟲名錄」一書中，所列舉之每一種害蟲種類均附上引用來源出處，該書整理之鳳梨害蟲名錄除以 Tsai (1965) 報告為主，尚包含近期台灣學者之研究資料 (Tseng 1994; Wu 1994; Tao 1999; Yang & Yang 1999)，共記錄台灣鳳梨害蟲 (蟎) 種類計有 5 目 19 種 (表 1、表 2)。經逐一檢視所列鳳梨害蟲種類，發現部分害蟲記錄分布於台灣，但引用文獻卻為中國學者，如側骨牡蠣介殼蟲 (*Lepidosaphes laterochitinosa* Green) 及大衛大天牛 (*Batocera davidis* Deyrolle)。經由 Zoological Record 查證此兩種害蟲並未有記錄於鳳梨上危害，符合曾在報告中記載為台灣鳳梨害蟲種類，但證實台灣當時並無此種害蟲存在，野外調查亦未曾發現，因此判定為存疑種。柑桔嫡粉介殼蟲 [*Pseudococcus calceolariae* (Maskell)]、康氏粉介殼蟲 [*Pseudococcus comstocki* (Kuwana)] 及皺胸山天牛 [*Nadezhdiella cantori* (Hope)] 等之寄主植物，經文獻比對，並無包含鳳梨，符合曾在報告中記載為台灣鳳梨害蟲種類，但寄主確定不含鳳梨，此等種類均判定為存疑種 (附錄)。

中國學者 Jiang *et al*. (2011) 發表「進境台灣鳳梨有害生物風險分析」一文，所記錄之害蟲 (蟎) 種類多達 7 目 37 種，但所列舉之每一種害蟲種類，均未說明引用文獻來源出處。檢視該文章引用文獻中，台灣學者之報告以 Chen (2002) 及 Lin (2002) 為主，所增列的多種害蟲 (蟎) 應為中國學者之報告，只是報告中有許多疑點與謬誤需要勘正，或列為存疑種，諸如柑橘全爪蟎 [*Panonychus citri* (McGregor)]、新菠蘿灰粉介殼蟲 [*Dysmicoccus neobrevipes* (Beardsley)]、康氏粉介殼蟲 [*Pseudococcus comstocki* (Kuwana)]、長牡蠣介殼蟲 (*Insulaspis gloverii* Packard)、南洋臀紋粉介殼蟲 [*Planococcus lilacinus* (Cockerell)]、龜蠟介殼蟲 (*Ceroplastes floridensis* Comstock)、墊囊綠棉臘介殼蟲 (*Chloropulvinaria psidii* Maskell)、蟻珠蠟介殼蟲 [*Coccus formicarii* (Green)]、大薊馬 (*Alaphrothrips falcatus* Karny)、大洋臀紋粉介殼蟲 [*Planococcus minor* (Maskell)]、側骨牡蠣介殼蟲 (*Lepidosaphes laterochitinosa* Green)、椰子犀角金龜 [*Oryctes rhinoceros* (Linnaeus)] 等種類標明分布於台灣，但台灣學者從未有該等害蟲可危害

鳳梨之記錄，經由 Zoological Record 查證上述害蟲亦未有於鳳梨上危害之紀錄。此外，荔枝葉蟎 [*Oligonychus lichii* (Lo et Ho)]、白蛾蠟蟬 [*Lawana imitate* (Melichar)]、銀毛吹綿介殼蟲 [*Icerya seychellarum* (Westwood)]、碧蛾蠟蟬 [*Geisha distinctissima* (Walker)]、埃及吹綿介殼蟲 [*Icerya aegyptiaca* (Douglas)] 及銳軟蠟介殼蟲 [*Coccus acutissimus* (Green)] 等害蟲，其寄主亦未包含鳳梨 (中國稱為菠蘿)，甚至將菠蘿蜜誤植為寄主 (菠蘿) 等。該篇報告許多物種有待修正之處頗多，因此於該篇文章所列之上述害蟲，並非真正屬於台灣之鳳梨害蟲種類，不應列入台灣之鳳梨害蟲名錄。

此外，該報告中更進一步指出「進境台灣鳳梨檢疫性有害生物風險分析」名單中，有 4 種檢疫性害蟲名列其中，除已確定分布在台灣之鳳梨嫡粉介殼蟲外 (Lee 1964; Tsai 1965; Huang *et al*. 2002; Huang & Lin 2014)，南洋臀紋粉介殼蟲 [*Planococcus lilacinus* (Cockerell)]、大洋臀紋粉介殼蟲 [*Planococcus minor* (Maskell)] 及新菠蘿灰粉介殼蟲 [*Dysmicoccus neobrevipes* (Beardsley)] 等 3 種並未在台灣記錄在鳳梨上危害，筆者近年來調查也未曾在鳳梨上發現上述 3 種害蟲之蹤跡，應摒除於台灣鳳梨有害生物名錄中。值得注意的是，新菠蘿灰粉介殼蟲為鳳梨萎凋病 (*pineapple mealybug wilt-associated virus*, PMWaV) 重要媒介昆蟲，在國外已記錄為鳳梨重要檢疫害蟲之一，其傳播鳳梨萎凋病毒之能力大於鳳梨嫡粉介殼蟲，台灣需特別注意此蟲之入侵 (Sether *et al*. 1998; Huang *et al*. 2002; Qin *et al*. 2010)。

台灣鳳梨新興之害蟲種類

自 2009 年 1 月開始進行鳳梨害蟲田間調查，其中確認台灣黃毒蛾 [*Euproctis taiwana* (Shiraki)] 為新興之害蟲種類，確認經過敘述如下：

於高雄市大樹區、嘉義農業試驗分所鳳梨試驗園區及嘉義縣新港鄉等地之鳳梨植株上，陸續發現台灣黃毒蛾幼蟲危害鳳梨之花朵，經利用網袋進行套網飼育，證實其幼蟲可以藉由取食鳳梨花朵順利化蛹及羽化為成蟲，所產下之後代也可以順利危害鳳梨花朵，並完成生活史。因此，確認此蟲為新興之害蟲種類，此蟲在鳳梨上為偶發性害蟲，對鳳梨未曾造成嚴重危害。

討論

害蟲分布的擴散，除靠自主飛行能力外，許多是藉由隨著其寄主植物的被攜帶或引入，而隨之擴散至世界各地，進而擴散威脅到生態系、棲地或物種，從而危害社會文化、經濟、環境和人類健康，成為生物多樣性公約 (Convention on Biological Diversity) 所稱之外來入侵種 (invasive alien species)。台灣鳳梨之經濟栽培始於日據時期，且以加工用品種為主，其鳳梨品種來源包含夏威夷、爪哇、新加坡、菲律賓及婆羅洲等地 (Chang & Kuan 2001)，此時期之台灣鳳梨害蟲名錄則由日本學者 Miwa (1943) 所整理，共計有 5 目 10 種。台灣光復初期，鳳梨加工製罐為台灣經濟發展及外匯收入重要來源，鳳梨栽培品種仍沿襲日據時期之加工用品種為主，此時期 Tsai (1965) 所著「台灣植物害蟲名彙」專書，經查證所記錄為害鳳梨害蟲種類與 Miwa (1943) 所整理的相差不多。

但在 1980 年代左右，隨著鳳梨加工業的沒落，鳳梨育種方向轉以鮮食為導向，現今所選育出之鮮食用品種，則以先前引入之品種進行改良之成果 (Chang & Kuan 2001)。隨著品種、栽培環境及技術之改變，所記錄之害蟲種類亦有所變化 (Chen 2002; Lin 2002)，但多以 Tsai (1965) 之紀錄為主，並加上部分中國學者之紀錄報告，但經由 Zoological Record 資料之考證，許多中國學者記錄之鳳梨害蟲，其寄主並不包含鳳梨，甚至並不分布於台灣，台灣以往亦未曾有該等害蟲之危害報告，筆者田間調查亦未發現該類害蟲發生及危害，故列為疑問種。

中國為目前台灣鮮食鳳梨外銷最主要國家，鳳梨害蟲種類，特別是檢疫害蟲，攸關台灣鳳梨是否能順利外銷重要因子。中國學者 Jiang *et al*. (2011) 所發表有關台灣鳳梨檢疫性有害生物名錄中，有關害蟲部分，其中雖然部分為引用台灣學者之報告 (Chen 2002; Lin

2002)，但其中亦有許多新列之害蟲種類，台灣未曾有研究報告記錄，其分布地區亦不包含台灣、寄主植物亦不包含鳳梨外，Zoological Record 上也證實不是鳳梨害蟲，故不應列為台灣之鳳梨害蟲之名錄中。該報告中特別指出「進境台灣鳳梨檢疫性有害生物風險分析」名單，除鳳梨嫡粉介殼蟲確定在台灣有分布之外，南洋臀紋粉介殼蟲、大洋臀紋粉介殼蟲及新菠蘿灰粉介殼蟲等 3 種具檢疫性重要害蟲，在台灣並未記錄且發現在鳳梨上危害。台灣檢疫單位經常截獲之檢疫害蟲種類中，以介殼蟲、薊馬及蟎類等小型害蟲 (蟎) 為主，特別是可媒介病害之種類，如鳳梨萎凋病乃藉由粉介殼蟲媒介傳播，未來進行鳳梨果實或種苗輸入時，更需特別注意防範此類外來入侵種的入侵與危害。本研究藉由此等考證資料及田間調查，重新釐訂台灣鳳梨害蟲名錄，提供台灣鳳梨害蟲檢疫與研究上之參考。對於台灣重要外銷之鳳梨產業，建議仍需持續偵 (監) 測田間害蟲發生種類之變化，避免害蟲入侵、立足及造成台灣鳳梨產業之重大危害損失，防患於未然。

誌謝

感謝行政院農業委員會農業試驗所應用動物組昆蟲分類研究室石憲宗博士及李奇峯博士，在本研究上協助鳳梨害蟲名錄疑問種之判定，以及審閱害蟲學名變異與分類系統的變動；陳淑佩博士協助介殼蟲種類之鑑定工作，使本研究得以更順利完成且內容成果更確實。研究室同仁楊雪鳳小姐、吳美璇小姐、蕭繡琴小姐及賴錦雲小姐等辛勞的協助試驗調查等工作，在此一併致謝。

引用文獻

Chang, C. C. and C. S. Kuan. 2001. Review and prospection of varietal improvement in pineapple. p.1–14. *in*: Proceeding of Varietal Improvement and Pest Management in Pineapple in Taiwan. December 6, 2001. Chiayi, Taiwan. Chiayi Agricultural Experiment Branch, Chiayi, Taiwan. (in Chinese)

Chen, R. Z. 2002. Check List Pests of Common Fruit Plants from Taiwan and Mainland China II. Bureau of Animal and Plant Health Inspection and Quarantine. Taipei, Taiwan. 587 pp. (in Chinese)

Chiu, S. C. 1958. Bibliography of Entomology in Taiwan (1684–1957). Taiwan Agric. Res. Inst. Spec. Pub. No. 1. Taiwan Agric. Res. Inst. Taichung, Taiwan. 246 pp. (in Chinese)

Chiu, S. C. 1966. Bibliography of Entomology in Taiwan (1957–1966). Taiwan Agric. Res. Inst. Spec. Pub. No. 8. Taiwan Agric. Res. Inst. Taichung, Taiwan. 61 pp. (in Chinese)

Huang, S. H. and C. Y. Lin. 2014. The distribution and control of pink pineapple mealybug and survey of insect pests on pineapple. J. Taiwan Agric. Res. 63:68–76. (in Chinese with English abstract)

Huang, S. H., C. Y. Wong, and C. H. Cheng. 2002. A newly recorded insect pest, pink pineapple mealybug [*Dysmicoccus brevipes* (Cockerell)] (Homoptera: Pseudococcidae), infesting on the roots of peanut in Taiwan. Plant Prot. Bull. 44:141–146. (in Chinese with English abstract)

Jiang, C. M., Z. Y. Chen, L. Li, and K. H. Huang. 2011. Pest risk analysis of imported pineapple from Taiwan. Acta Agric. Jiangxi 23:94–99. (in Chinese with English abstract)

Lee, H. S. 1964. Study on the ecology of pineapple mealybug (*Dysmicoccus brevipes* Ckll.) in relation to the pineapple wilt. Plant Prot. Bull. 6:114–120. (in Chinese with English abstract)

Lin, K. S. 2002. A List Pests of Fruit Plant from Taiwan and Mainland China. Taiwan Agric. Res. Inst. Spec. Pub. No. 100. Taiwan Agric. Res. Inst. Taichung, Taiwan. 847 pp. (in Chinese)

Miwa, Y. 1943. A Handlist of Pest Insects in Formosa. Pub. No. 16. Taiwan Farmer's Association. Taipei, Taiwan. 242 pp. (in Japanese)

Pena, J. E., A. I. Mohyuddin, and M. Wysoki. 1997. The current mango pests management in the tropics and subtropics. Acta Hort. 455:812–820.

Qin, Z. Q., H. J. Wu, S. X. Ren, and F. H. Wan. 2010. Risk analysis of the alien invasive gray pineapple mealybug (*Dysmicoccus neobrevipes* Beardsley) in China. Sci. Agric. Sin. 43:626–631. (in Chinese with English abstract)

Sether, D. M., D. E. Ullman, and J. S. Hu. 1998. Transmission of pineapple mealybug wilt-associated virus by two species of mealybug (*Dysmicoccus* spp.). Phytopathology 88:1224–1230.

Shih, H. T., H. H. Hao, Y. C. Chiu, F. C. Lin, and M. M. Yang. 2013. A revised and annotated checklist of insect and mites of mangos from Taiwan. Formosan Entomol. 33:27–51. (in Chinese with English abstract)

Tao, C. C. C. 1999. List of Coccoidea (Homoptera) of China. Taiwan Agric. Res. Inst. Spec. Pub. No. 78. Taiwan Agric. Res. Inst. Taichung, Taiwan. 176 pp. (in Chinese)

Tsai, Y. P. 1965. List of Phytophagous Insect Pests in Taiwan. Bureau of Commodity Inspection and Quarantine. Taipei, Taiwan. 278 pp. (in Chinese)

Tseng, Y. H. 1994. Mites and ticks. p.1–330. *in*: Plant Quarantine- Diagnosis of Minimal Animals: Mite, Tick, Thrips, Aphis, Scale, Fly, and Nematode. (Tseng, Y. H. and C. N. Chen, eds.) Bureau of Commodity Inspection and Quarantine. Hsinchu, Taiwan. 902 pp. (in Chinese)

Wu, P. F. 2011. The features of production, marketing and exporting of pineapple in Taiwan. http://www.coa.gov.tw/view.php?catid=2444805 (visit on 5/20/2015)

Wu, W. J. 1994. Scales. p.545–678. *in*: Plant Quarantine-Diagnosis of Minimal Animals: Mite, Tick, Thrips, Aphis, Scale, Fly and Nematode. (Tseng, Y. H. and C. N. Chen, eds.) Bureau of Commodity Inspection and Quarantine. Hsinchu, Taiwan. 902 pp. (in Chinese)

Yang, J. T. and C. S. Yang. 1999. Revision on the cricket (Orthoptera: Grylloidea) in the agroecosystem of Southeast Asia. p.159–166. *in*: Proceedings of Symposium on the Application of Insect Identification in Plant Protection and Quarantine. February 2, 1999. Taichung, Taiwan. Chinese Entomological Society. Taipei, Taiwan.

附錄 台灣鳳梨害蟲之存疑種清單

Appendix The checklist of the dubious species of pineapple from Taiwan

Acarina

Tetranychidae

1. *Panonychus citri* (McGregor 1916)
   Syn.: *Paratetranychus mytilaspidis* (Banks 1900); *Tetranychus mytilaspidis* (Banks 1900); *Metatetranychus citri* (McGregor 1916); *Paratetranychus citri* (McGregor 1916); *Tetranychus citri* (McGregor 1916)

Hemiptera

Coccidae

2. *Podoparalecanium machili* (Takahashi 1933)

Diaspididae

3. *Lepidosaphes laterochitinosa* (Green 1925)

Pseudococcidae

4. *Ferrisia virgata* (Cockerell 1893)
5. *Planococcus citri* (Risso 1813)
6. *Pseudococcus calceolariae* (Maskell 1879)
7. *Pseudococcus comstocki* (Kuwana 1902)

Coleoptera

Scarabaeidae

8. *Oryctes rhinoceros* (Linnaeus 1958)
   Syn.: *Scarabaeus rhinoceros* (Linnaeus 1758); *Oryctes stentor* (Castelnau 1840)

Cerambycidae

9. *Batocera davidis* (Deyrolle 1878)
   Syn.: *Batocera davidis* m. *yunnana* (Breuning 1948); *Batocera davidis obscura* (Gilmour & Dibb 1948)
10. *Nadezhdiella cantori* (Hope 1845)
   Syn.: *Hamaticherus cantori* (Hope 1845); *Cerambyx scabricollis* (Chevrolat 1852); *Hammaticherus scabricollis* (Chevrolat 1852); *Cerambyx cantori* (Hope) (Aurivillius 1912)

Lepidoptera

Noctuidae

11. *Spodoptera litura* (Fabricius 1775)
   Syn.: *Noctua litura* (Fabricius 1775); *Noctua histrionica* (Fabricius 1775); *Noctua elata* (Fabricius 1781); *Prodenia ciligera* (Guenée 1852); *Prodenia tasmanica* (Guenée 1852); *Prodenia subterminalis* (Walker 1856); *Prodenia glaucistriga* (Walker 1856); *Prodenia declinata* (Walker 1857); *Mamestra albisparsa* (Walker 1862); *Prodenia evanescens* (Butler 1884); *Orthosia conjuncta* (Rebel 1921)

A Revised Checklist of Insects and Mites of Pineapple from Taiwan

Shou-Horng Huang[1] and Tai-Chuan Wang[2,*]

Abstract

Huang, S. H. and T. C. Wang. 2016. A revised checklist of insects and mites of pineapple from Taiwan. J. Taiwan Agric. Res. 65(4):395–405.

Pineapple is one of major fruits exported from Taiwan today. Establishment of inventorying pests of pineapples is an important procedure for quarantine. Fifteen species of insects and one species of mite are recorded as pests on pineapple from Taiwan based on the known records and the data surveying from three of major pineapple plantation areas and several small and discontinuous orchards. *Euproctis taiwana* (Shiraki) is recorded as a newly recorded emerging pest. The following eleven species, *Panonychus citri* (McGregor) (Trombidiformes: Tetranychidae), *Podoparalecanium machili* (Takahashi) (Hemiptera: Coccidae), *Lepidosaphes laterochitinosa* Green (Hemiptera: Diaspididae), *Ferrisia virgata* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae), *Planococcus citri* (Risso) (Hemiptera: Pseudococcidae), *Pseudococcus calceolariae* (Maskell) (Hemiptera: Pseudococcidae), *Pseudococcus comstocki* (Kuwana) (Hemiptera: Pseudococcidae), *Oryctes rhinoceros* (Linnaeus) (Coleoptera: Scarabaeidae), *Batocera davidis* Deyrolle (Coleoptera: Cerambycidae), *Nadezhdiella cantori* (Hope) (Coleoptera: Cerambycidae), and *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) were considered as dubious and excluded in present checklist.

Key words: Taiwan, Pineapple, Checklist of insects and mites.

Received: July 9, 2015; Accepted: February 23, 2016.
* Corresponding author, e-mail: tcw@dns.caes.gov.tw
1 Associate Research Fellow, Department of Plant Protection, Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.
2 Assistant Research Fellow, Department of Plant Protection, Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 65(4):406–419 (2016)
DOI: 10.6156/JTAR/2016.06504.06 研究報告

利用 SSR 標誌進行番椒雜交種子純度之檢測

王昭月 [1,*] 林大鈞 [2] 林鳳琪 [3]

摘要

王昭月、林大鈞、林鳳琪。2016。利用 SSR 標誌進行番椒雜交種子純度之檢測。台灣農業研究 65(4):406–419。

種子純度檢定是一代雜交種子生產中品質管控的關鍵性工作之一。利用生育特性的檢測 (grow out test; GOT) 方式僅比較植物生長至成熟期的外觀差異，檢測耗時且受制於環境；故亟需建立一個快速、可靠的 DNA 檢測模式。本研究目的擬開發具有專一性與共顯性的簡單序列重複 (simple sequence repeat; SSR) 標誌，應用於番椒雜交種親本與雜交種子純度之檢測。利用 2 個番椒雜交種及親本，篩選 374 組 SSR 引子對，結果獲得 12 個高訊息的 SSR 標誌；又取得其中 5 個關鍵性 SSR 標誌，進行 3 個番椒雜交種 (No. 5、No. 6、No. 7) 的種子純度之檢定，經各取 120 個樣品之檢測結果顯示，3 批次的雜交種子純度分別為 99.2%、98.3% 和 95.8%。利用 SSR-PCR (polymerase chain reaction) 分析可篩選出自交種子之汙染株，也與 GOT 檢測結果吻合。試驗顯示，SSR 標誌可作為快速、有效之檢測工具，有效地應用於番椒商業雜交種子純度的檢定。

關鍵詞：番椒、簡單序列重複、雜交種子純度。

前言

國際間對於商業生產作為經濟栽培用的種子品質規範，多參照「國際種子檢查協會」(International Seed Testing Association; ISTA) 所訂定的種子發芽活力檢定與純度鑑定等相關標準。針對高價的一代雜交種子 (F_1 種子)，除已具備的高生長勢、成熟期一致、優質、豐產以及抗病蟲等諸多優良特性外，對於品種純度的要求更嚴峻，檢測技術更需要快速、準確。一般業者較常採用傳統 grow-out test (GOT) 方式，進行品種純度檢定，依據其外觀性狀之差異，鑑別異型株 (off-type)，以取得純質的 F_1 種子。GOT 檢測方式需要較大的栽培空間和人力，檢定時程較長，成本花費也相對較高；易受季節或氣候環境限制，導致判讀困難或準確性不穩定。近 30 年間，全球的分子生物分析技術進步神速，已開發多種分子標誌包含蛋白質分子標誌與核酸層次的 DNA 分子標誌等，在農業上已應用此類分子標誌 (markers) 作為品種鑑定 (Gong & Geng 2010)、種原遺傳歧異度分析 (Mujaju *et al*. 2010)、遺傳純度分析 (Ballester & Carmen 1998; Crockett *et al*. 2000; Liu *et al*. 2007)；或建構連鎖圖譜輔助選種 (Hashizume *et al*. 1996; McCouch *et al*. 2002; Hashizume *et al*. 2003) 等。利用 DNA 分子標誌的遺傳分析具備以下特質 (1) 直接以核酸作為分析樣品，在各個組織、各個發育時期均可檢測，不受季節、環境之限制。(2) 分子標誌種類多，可同時提供多個標誌進行鑑定或比對 (Jang *et al*. 2004; Mujaju *et al*. 2010)。(3) 高訊息的分子標誌，可延伸作為種間、種內多種作物的指紋分析之應用 (Wöhrmann & Weising 2011)。(4) 透過共顯性分子標誌 (co-dominance marker)，可鑑別

投稿日期：2015 年 12 月 17 日；接受日期：2016 年 3 月 1 日。
[*] 通訊作者：jywang@tari.gov.tw
[1] 農委會農業試驗所生物技術組助理研究員。台灣 台中市。
[2] 農委會農業試驗所生物技術組聘用副研究員。台灣 台中市。
[3] 農委會農業試驗所應用動物組副研究員。台灣 台中市。

出同質基因型或異質基因型，特別適合雜交種之鑑定；如簡單重複序列 (simple sequence repeat; SSR) 標誌，因其廣泛分布於生物基因組 (Condit & Hubbell 1991; Wang *et al*. 1994; Kumpatla & Mukhopadhyay 2005)，僅需微量DNA 樣品，且分析方法簡便，目前已應用於茄子 (Arun Kumar *et al*. 2014)、花椰菜 (Ida *et al*. 2008) 以及水稻 (Komori & Nitta 2004) 等作物的雜交種之遺傳純度鑑定。

番椒 (*Capsicum*) 為茄科一或多年生果菜、香辛作物，栽培面積僅次於馬鈴薯和番茄。依據 2010 年聯合國糧農組織 (Food and Agriculture Organization of the United Nations; FAO) 生產年報統計，全世界番椒栽培面積為 185 萬公頃，亞洲地區約占總生產面積 60% 以上。依 2011 年台灣農業年報統計，國內栽培面積 2,087 ha，為重要經濟蔬菜，其中彩色甜椒 (*Capsicum annuum*) 富含花青素與胡蘿蔔素等，是高營養、高產值的蔬菜新寵。目前彩椒商業品種幾乎全為一代雜交種，並以亞洲地區為重要採種據點。番椒為高價採種作物，其 F_1 種子售價偏高 (約新台幣 10 元/粒)。商業生產雜交種子常利用雄不稔親本或以人工去雄後進行雜交授粉；鑑於雄不稔基因的不穩定或人工去雄未盡完善，時而導致採種純度下降；故需進行雜交種子遺傳純度檢定，避免母本自交種子汙染，已成為 F_1 種子生產上必要之品管工作。本研究針對亞洲地區重要採種作物—番椒一代雜交種之純度檢測，擬建立精確、簡便的 DNA 鑑定平台，篩選共顯性的 SSR 分子標誌，提供種苗業界進行親本暨 F_1 品種純度之快速檢測。建立之核心 SSR 分子標誌或 DNA 檢定流程，期透過產學合作將相關技術轉移至種苗業者，以提升台灣採種產業在國際市場之競爭力。

材料與方法

植物材料與 DNA 萃取

由中興大學園藝系提供與亞蔬合作選育的彩色甜椒 (*Capsicum annuum*) F_1 品種「興亞 3 號」(‘CA3’) 標準品 1 個，包含父本 (♂) 1 個、母本 (♀) 3 個重複性樣品；另由一個商業採種公司提供 F_1 品種 ‘360’ 之標準品 1 個，以及父本、母本各 1 個樣品。以上 2 個雜交組合，計 8 個樣品之葉片，參考 Iqbal *et al*. (1995) 方法進行 genomic DNA 萃取，提取之 DNA 經 NANODROP 1000 (Thermo Scientific) 定量，以 OD_{260}/OD_{280} 值 1.7–1.9 作為 PCR (polymerase chain reaction) 分析用樣品；DNA 濃度稀釋為 25 ng μL^{-1}，提供多型性 SSR marker 之篩選。

另由出口採種業者提供 3 個待檢測 F_1 種子純度的雜交組合 No. 5、No. 6、No. 7 一批，包含父本 (5P、6P、7P)、母本 (5M、6M、7M) 等，各品系約 150 粒種子，進行高訊息 SSR 分子標誌 (informative SSR markers) 之量化測試。3 組待測試的雜交組合種子依組合分批次播種，於幼苗期採嫩葉進行 genomic DNA 萃取，萃取方法同於 Iqbal *et al*. (1995) 之 DNA 萃取流程。

SSR 分子標誌分析

進行番椒雜交種 SSR-PCR 分析的 374 組 SSR 引子序列資料，參考自前人文獻 (Lee *et al*. 2004; Minamiyama *et al*. 2006; Yi *et al*. 2006; Minamiyama *et al*. 2007; Portis *et al*. 2007; Lee *et al*. 2009; Ince *et al*. 2010)，部分訊息則由世界蔬菜中心 AVRDC 的分子遺傳系 Dr. Roland 提供 (引子編號為 AVRDC-PP1–PP101)。以上引子由日本 Invitrogen 公司合成。PCR 分析之反應液體積為 25 µL：包含 DNA 50 ng、1U *Taq* polymerase (HOT FIRE, Solis BioDyne)、1× PCR buffer、2.0 mM $MgCl_2$、200 µM dNTP 及引子 0.4 µM，反應引子為上述 374 組 SSR 引子，進行多型性 SSR 標誌之篩選。聚合酵素連鎖反應儀器為 Perkin Elmer Cetus Thermal Cycler 9700，反應溫度設定為：95℃ 12 min；接續 95℃ 1 min，55℃ 1 min，72℃ 1 min 30 s，35 個循環；最後 72℃ 8 min；反應完成後保持於 4℃。PCR 產物取 10 µL 加入 6× 電泳追蹤染劑 (6× loading buffer: 0.25% bromophenol blue, xylene cyanol; 40% w/v sucrose)，以 6% 聚丙醯胺膠體電泳 (polyacrylamide gel electrophoresis; PAGE)，電泳緩衝液為 0.5× TBE buffer (40

mM Tris acetate, pH 8.0; 1 mM EDTA)；電泳槽為 MGV-202-33C (C. B. S. Scientific)，電壓設定 100 V，電泳時間約 100 min。完成電泳之膠體以 1 µg mL^{-1} ethidium bromide 染色；再於 UV 下檢視膠體上多型性之等位基因 (alleles) 片段，並照相、貯存影像於 IS 2000 Digital Imaging System (Alpha Innotech Corporation) 系統。反應產物以 Gen 50 DNA ladder (GeneMark Technology Co., Taiwan) 計算各等位基因片段大小。

高訊息 SSR 標誌 (informative SSR markers) 與 F_1 種子純度之鑑定

依據 2 個雜交種組合 (‘360’、‘CA3’) 篩選 374 組 SSR 引子的 PCR 分析結果，搜尋在父、母本與 F_1 間具有共顯性 (co-dominant) 的多型性分子標誌，取易於判讀者，建立 10 個以上的高訊息 SSR 標誌，作為量化純度檢定之核心標誌。以出口採種業界提供的 3 批次商業雜交種 (No. 5、No. 6、No. 7) 及相關親本，進行核心 SSR 標誌之測試；再依據 3 個雜交種 SSR-PCR 的分析結果，分別取得 2–3 個關鍵性標誌 (key markers)。3 個商業雜交種 (No. 5、No. 6、No. 7) 各檢測 150 個樣品，依 SSR profile 取得各雜交組合之異型 (off-type) 株號，並計算各批次 F_1 種子的遺傳純度百分率。經 SSR-PCR 檢定獲得之異型株，連同親本株 (父本、母本)、標準 F_1 等各 1–2 株，繼續種植於溫室至結果期，期間進行園藝性狀記錄拍照，以及果實外觀等 GOT 調查，用以對照 SSR 分子標誌分析之結果。

結果

篩選多型性 SSR 基因座 (SSR loci) 用於番椒雜交種之鑑定

利用 2 個番椒 (*Capsicum annuum*) 雜交種組合 (‘360’、‘CA3’)，進行 374 組 SSR 引子的 SSR-PCR 分析，搜尋在父、母本與 F_1 間具有共顯性 (co-dominant) 的多型性 SSR 分子標誌，初步建立 12 個高訊息且容易判讀之核心 SSR 標誌，核心標誌的 PCR 產物範圍為 84–401 bp (圖 1、表 1)。歸納此 12 個 SSR 基因座之重複基序 (repeat motif) 顯示，其中 8 個基因座為三核甘酸重複序列 (tri-nucleotide repeats motif) 型，另 3 個基因座屬於二核甘酸重複 (di-nucleotide repeats motif) 型，1 個為四核甘酸重複 (tetra-nucleotide repeats motif) 型 (表 1)。

篩選關鍵性 SSR 標誌利用於番椒雜交種之遺傳純度鑑定

利用 12 對核心 SSR 引子組進行 3 個商業雜交種之純度測試結果，獲得其中 3 個 SSR 基因座 (AVRDC-PP83、EPMS-747、BM59622) 可用於 No. 5 雜交種之鑑定 (表 2)；2 個 SSR 基因座 (AVRDC-PP83、CAMS-340) 可用於 No. 6 雜交種之鑑定 (表 3)；2 個 SSR 基因座 (CAMS-340、EPMS-712) 適用於 No. 7 雜交種之鑑定 (表 4)。綜合 3 個番椒商業雜交種 SSR-PCR 分析結果，共計取得 5 個關鍵性 SSR 基因座，分別為 AVRDC-PP83、EPMS-747、BM59622、AVRDC-PP83、CAMS-340 與 EPMS-712。

利用 SSR 分子標誌進行 No. 5 雜交種子純度之檢測：以 AVRDC-PP83 基因座進行 No. 5 雜交種子純度檢測結果，獲得 2 個等位基因 (alleles) 產物合計 4 個 SSR 片段 (191、203、248 及 257 bp)，其中 $\text{AVRDC-PP83}_{(191\ \text{bp})}$ 為 No. 5 雜交種父本的專一性等位基因片段，$\text{AVRDC-PP83}_{(203\ \text{bp})}$ 為 No. 5 雜交種母本的專一性等位基因片段，而 No. 5 雜交種則具有 $\text{AVRDC-PP83}_{(191,\ 203,\ 248,\ 257\ \text{bp})}$ 4 個片段 (圖 2、表 2)。依 AVRDC-PP83 基因座之純度檢測結果，120 個 No. 5 雜交種的發芽苗株中，編號 64 的苗株與母本的 SSR profile 相同，可能為母本自交汙染，編號 103 的苗株無 SSR-PCR 產物，經計算雜交種子純度為 98.3% (圖 2、表 2)。

以 SSR X, Y (EPMS-747 基因座) 進行 No. 5 雜交種子純度檢測結果，獲得 2 個等位基因產物合計 4 個 SSR 片段 (270、286、326 及 351 bp)，其中 $\text{EPMS-747}_{(270\ \text{bp})}$ 為 No. 5 雜交種母本的專一性等位基因片段，$\text{EPMS-747}_{(286\ \text{bp})}$ 為父本的專一性等位基因片段，而 No. 5 雜交

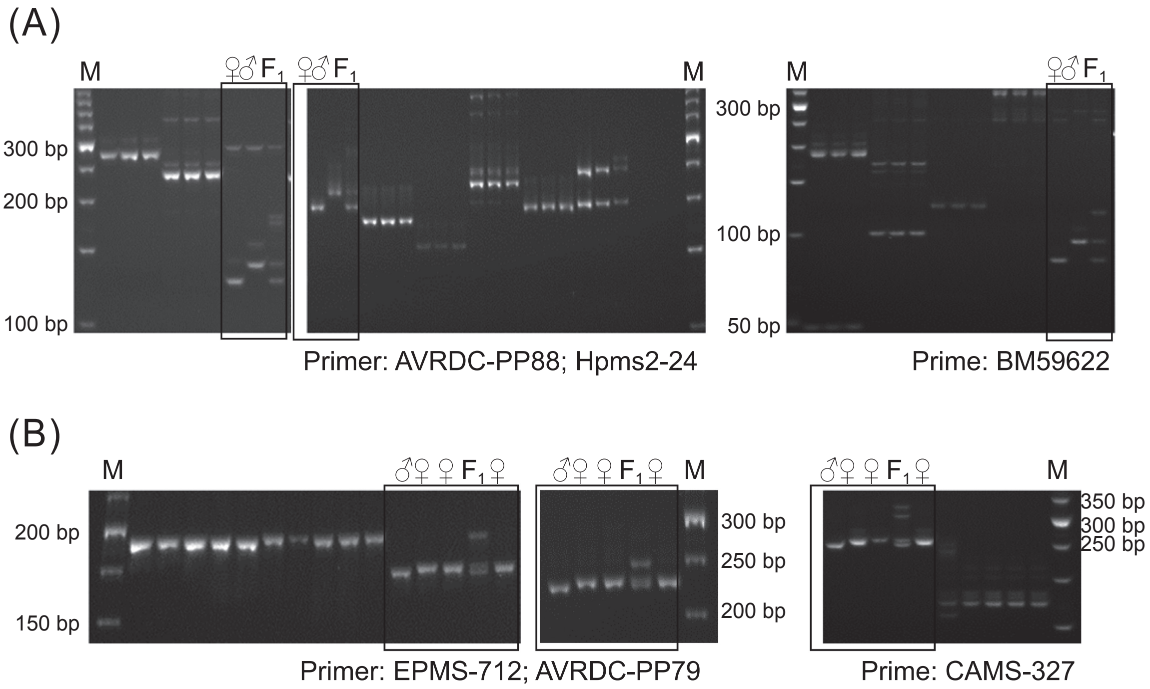

圖 1.　以番椒 F_1 品種 ‘360’ 與 ‘CA3’ 連同親本 (♀、♂) 篩檢適用於雜交種子純度檢定的共顯性 SSR 標誌。

Fig. 1.　Representative co-dominant SSR markers selected from pepper hybrid lines of ‘360’ and ‘CA3’. The SSR markers that produce distinguishable PCR products in parental lines and their F_1 hybrid are marked with black boxes. Co-dominant SSR markers, AVRDC-PP88, Hpms2-24, and BM59622 selected from hybrid ‘360’ (A) and co-dominant SSR markers, EPMS-712, AVRDC-PP79, and CAMS-327 selected from hybrid ‘CA3’ (B) are shown. M: 50 bp DNA Ladder from GeneMark.

表 1.　自 374 個候選 SSR 基因座篩選出 12 個高訊息 SSR 標誌及其 PCR 產物特性。

Table 1.　Characteristics of the 12 selected informative SSR markers and their PCR products.

Locus (accession no.)	Repeat motif	Expected size (bp)	Product size (bp)
CAMS-327	$(TC)_7$	243	255–325
CAMS-340	$(TA)_{3...}(AG)_{13}$	250	264–300
CAMS-885	$(GAA)_{28}$	248	230–372
AVRDC-PP79	$(ATT)_8$	218	227–251
AVRDC-PP83	$(GAC)_7$	191	191–257
AVRDC-PP88	$(CAA)_8$	114	126–186
EPMS-709	$(GAG)_6$	272	260–401
EPMS-712	$(GCA)_6$	148	151–175
EPMS-747	$(TTCT)_5$	274	270–351
Hpms2-24	$(CT)_{17}(CA)_5A_{21}$	205	195–213
BM59622	$(CTT)_3(CAT)_9$	90	84–120
AGi056	$(AGA)_9$	240	234–347

種則具有 EPMS-747$_{(270,\ 286,\ 326,\ 351\ bp)}$ 4 個片段 (圖 2、表 2)。120 個 No. 5 雜交種的發芽苗株經 EPMS-747 基因座檢測結果，編號 25 苗株的 SSR-PCR 產物不清晰，編號 64 的苗株與母本

表 2. 利用 3 個關鍵性 SSR 標誌鑑定 120 個 No. 5 雜交種之遺傳純度。

Table 2. Summary of genetic purity testing of 120 individuals from hybrid No. 5 by three identifiable SSR markers.

SSR primer	Female parent specific band (bp)	Male parent specific band (bp)	F_1 profile (bp)	Putative false hybrid (plant no.)	Putative hybrid	Purity (%)
AVRDC-PP83	203	191	191, 203, 248, 257	64	119	99.2
EPMS-747	270	286	270, 286, 326, 351	64	119	99.2
BM59622	84	96	84, 96, 120	64	119	99.2

表 3. 利用 2 個關鍵性 SSR 標誌鑑定 120 個 No. 6 雜交種之遺傳純度。

Table 3. Summary of genetic purity testing of 120 individuals from hybrid No. 6 by two identifiable SSR markers.

SSR primer	Female parent specific band (bp)	Male parent specific band (bp)	F_1 profile (bp)	Putative false hybrid (plant no.)	Putative hybrid	Purity (%)
AVRDC-PP83	191	202	191, 203, 248, 257	81, 85	118	98.3
CAMS-340	300	264	264, 300	81, 85	118	98.3

表 4. 利用 2 個關鍵性 SSR 標誌鑑定 120 個 No. 7 雜交種之遺傳純度。

Table 4. Summary of genetic purity testing of 120 individuals from hybrid No. 7 by two identifiable SSR markers.

SSR primer	Female parent specific band (bp)	Male parent specific band (bp)	F_1 profile (bp)	Putative false hybrid (plant no.)	Putative hybrid	Purity (%)
CAMS-340	264	276	264, 276, 290	49, 68, 77, 81, 96, 119	114	95.0
EPMS-712	157	151	151, 157, 166, 175	49, 68, 81, 96, 119	114	95.0

的 SSR profile 相同，可能為母本自交汙染，經計算其雜交種子純度為 98.3% (圖 3、表 2)。

以 BM59622 基因座進行 No. 5 雜交種子純度檢測結果，獲得 2 個等位基因產物合計 3 個 SSR 片段 (84、96 及 120 bp)，其中 BM59622$_{(84\ bp)}$ 為 No. 5 雜交種母本的專一性等位基因片段，BM59622$_{(96\ bp)}$ 為父本的專一性等位基因片段，而 No. 5 雜交種則具有 BM59622$_{(84,\ 96,\ 120\ bp)}$ 3 個片段 (圖 4、表 2)。120 個 No. 5 雜交種的發芽苗株經檢測結果，編號 64 的苗株與母本的 SSR profile 相同，可能為母本自交汙染 (圖 4)。依 BM59622 基因座 PCR 分析產物，經計算其雜交種子純度為 99.2% (圖 4、表 2)。故綜合 AVRDC-PP83、EPMS-747、BM59622 基因座之 SSR-PCR 分析結果，No. 5 雜交種子之遺傳純度為 99.2% (表 3)。另依據果實等園藝性狀之 GOT 鑑定結果，亦發現編號 64 的異型株確實與正常的 F_1 植株 (編號 53) 性狀相異，但較近似於母本 (圖 5)。

利用 SSR 分子標誌進行 No. 6 雜交種子純度之檢測：以 AVRDC-PP83 基因座進行 No. 6 雜交種子純度檢測結果，獲得 2 個等位基因產物合計 4 個 SSR 片段 (191、203、248 及 257 bp)，其中 AVRDC-PP83$_{(191\ bp)}$ 為 No. 6 雜交種母本的專一性等位基因片段，AVRDC-PP83$_{(203\ bp)}$ 為父本的專一性等位基因片段，而 No. 6 雜交種具有 AVRDC-PP83$_{(191,\ 203,\ 248,\ 257\ bp)}$ 4 個片段 (圖 6、表 3)。依據 AVRDC-PP83 基因座檢測結果，120 個 No. 6 雜交種的發芽苗中，編號 81 和編號 85 的苗株與母本的 SSR profile 相同，可能為母本自交汙染，經計算其雜交種子純度為 98.3% (圖 6、表 3)。

以 CAMS-340 基因座進行 No. 6 雜交種子純度檢測結果，產物為 2 個等位基因合計 3 個 SSR 片段 (264、300 bp)，其中 CAMS-340$_{(264\ bp)}$ 為 No. 6 雜交種母本的專一性等位基因片段，CAMS-340$_{(300\ bp)}$ 為父本的專一性等位基因片段，而 No. 6 雜交種為 CAMS-340$_{(264,\ 300\ bp)}$ 3 個片段 (圖 7、表 3)。120 個 No. 6 雜

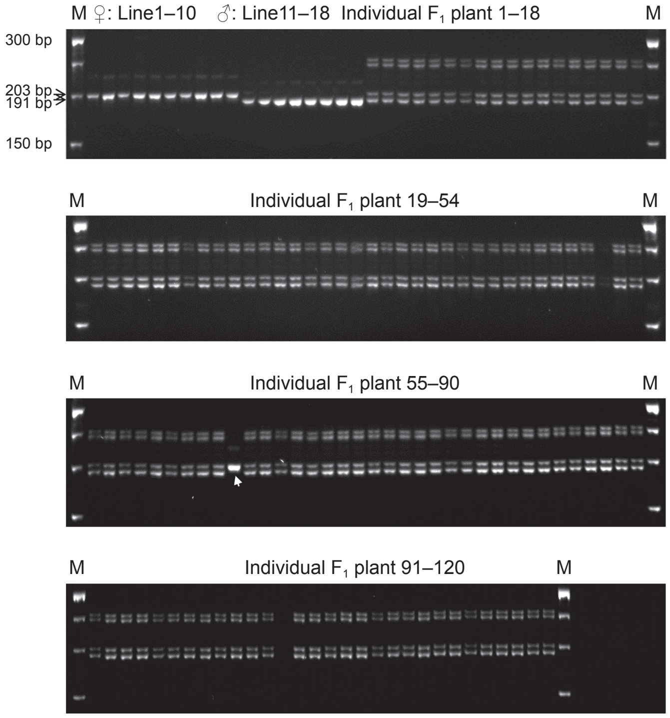

圖 2. 以 SSR 標誌 (AVRDC-PP83) 進行番椒 No. 5 的雜交種子純度之檢測。

Fig. 2. PCR results of 120 hybrid seeds of No. 5 and their parental lines (♀ and ♂) using AVRDC-PP83 SSR marker. F_1 individual #64 (indicated by arrow) shows the same product pattern as that of female parent represents a progeny produced from selfing. M: 50 bp DNA Ladder from GeneMark.

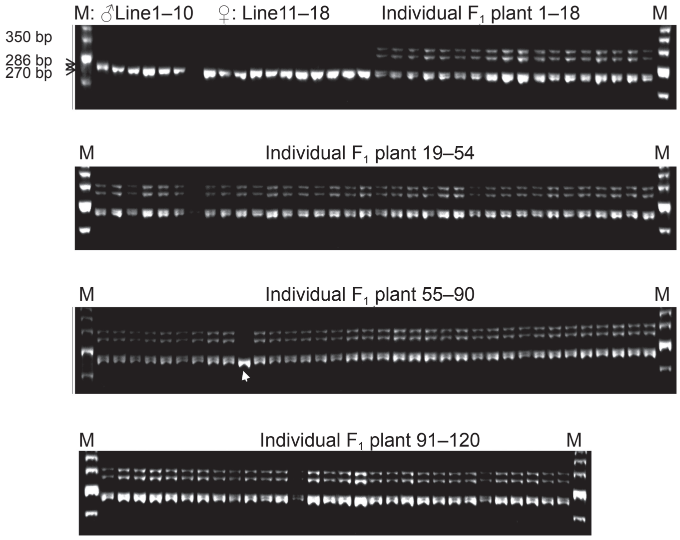

圖 3. 以 SSR 標誌 (EPMS-747) 進行番椒 No. 5 的雜交種子純度之檢測。

Fig. 3. PCR results of 120 hybrid seeds of No. 5 and their parental lines (♀ and ♂) using EPMS-747 SSR marker. F_1 individual #64 (indicated by arrow) shows the same product pattern as that of female parent represents a progeny produced from selfing. M: 50 bp DNA Ladder from GeneMark.

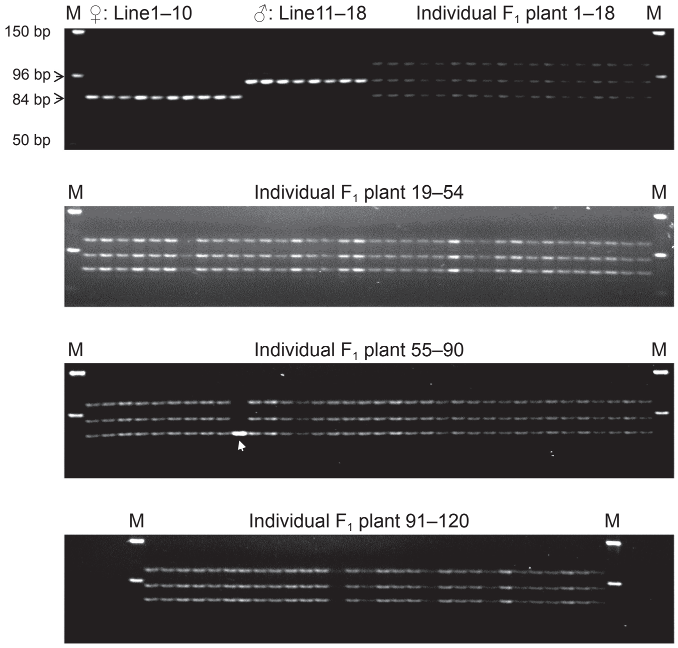

圖 4. 以 SSR 標誌 (BM59622) 進行番椒 No. 5 的雜交種子純度之檢測。

Fig. 4. PCR results of 120 hybrid seeds of No. 5 and their parental lines (♀ and ♂) using BM59622 SSR marker. F_1 individual #64 (indicated by arrow) shows the same product pattern as that of female parent represents a progeny produced from selfing. M: 50 bp DNA Ladder from GeneMark.

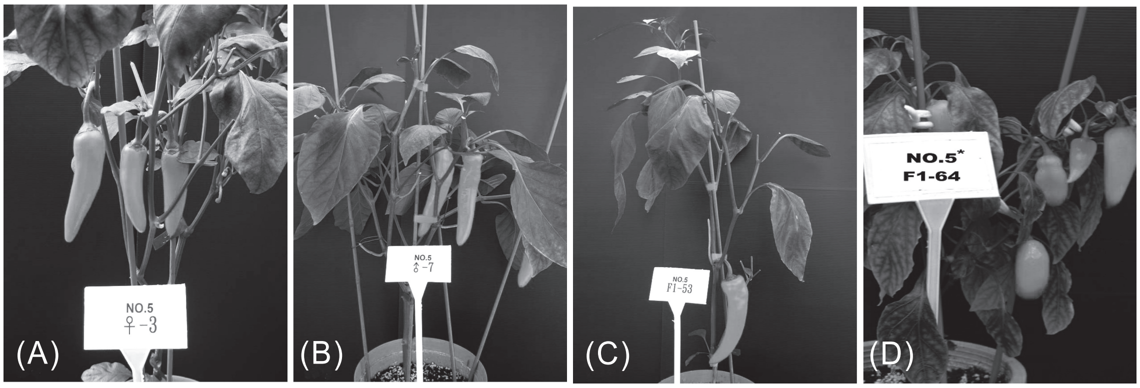

圖 5. 番椒雜交種 No. 5 與其親本的外觀性狀 (A) No. 5 的母株；(B) No. 5 的父株；(C) 正確的 No. 5 之 F_1 株；(D) 異型的 No. 5 F_1 株 (off-type F_1)。

Fig. 5. Morphological comparisions of matured pepper from typical F_1 (C), off-type F_1 (D) hybrids of No. 5 and parental plants (A: female parent; B: male parent).

交種的發芽苗株經 CAMS-340 基因座檢測結果，編號 81 和編號 85 的苗株與母本的 SSR profile 相同，可能為母本自交汙染，經計算其雜交種子之遺傳純度為 98.3% (圖 7、表 3)。故綜合 AVRDC-PP83、CAMS-340 基因座之 SSR-PCR 分析結果，No. 6 雜交種子之遺傳純度為 98.3% (表 4)。另依據果實等園藝性狀之 GOT 鑑定結果，亦發現編號 81 和編號 85 的異型株確實與正常的 F_1 植株 (編號 24) 性狀相異 (圖 8)。

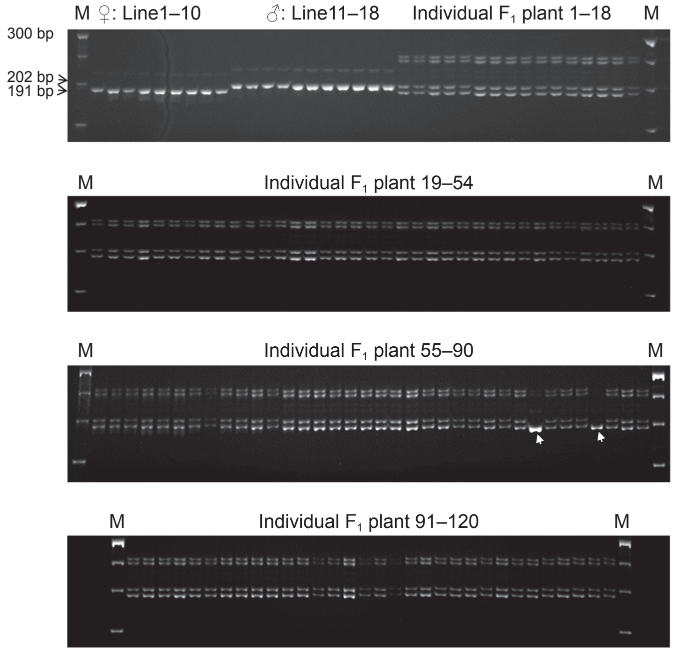

圖 6. 以 SSR 標誌 (AVRDC-PP83) 進行番椒 No. 6 的雜交種子純度之檢測。

Fig. 6. Assessment of seed purity in hybrid No. 6 and respective parental lines (♀ and ♂) using the SSR marker of AVRDC-PP83. M: 50 bp DNA Ladder from GeneMark; F_1 plant numbers of 81 and 85 (arrow) represent selfed plants.

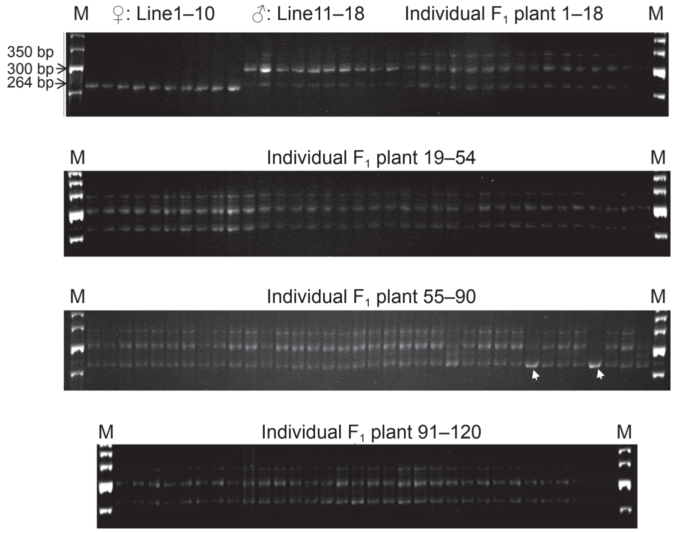

圖 7. 以 SSR 標誌 (CAMS-340) 進行番椒 No. 6 的雜交種子純度之檢測。

Fig. 7. Assessment of seed purity in hybrid No. 6 and respective parental lines (♀ and ♂) using the SSR marker of CAMS-340. M: 50 bp DNA Ladder from GeneMark; F_1 plant number 81 and 85 (arrow) represents selfed plants.

利用 SSR 分子標誌進行 No. 7 雜交種子純度之檢測：以 CAMS-340 基因座進行 No. 7 雜交種子純度檢測結果，獲得 2 個等位基因產物合計 3 個 SSR 片段 (264、276 及 290 bp)，其

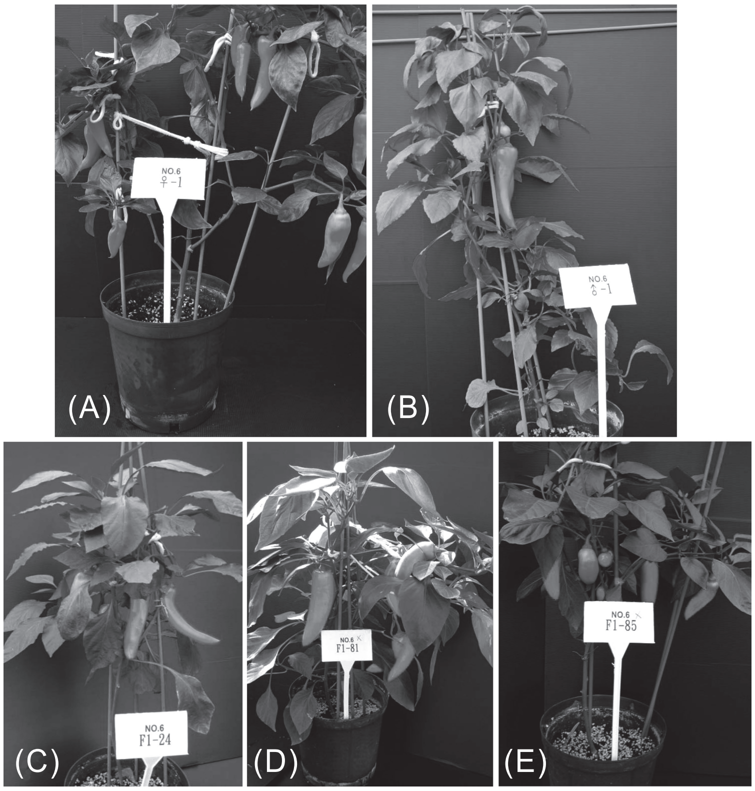

圖 8. 番椒雜交種 No. 6 與其親本的外觀性狀 (A) No. 6 的母株；(B) No. 6 的父株；(C) 正確的 No. 6 之 F_1 株；(D)、(E) 異型的 No. 6 F_1 株 (off-type F_1)。

Fig. 8. Morphological comparisions of matured pepper from typical F_1 (C), off-type F_1 (D and E) hybrids of No. 6 and parental plants (A: female parent; B: male parent).

中 CAMS-340$_{(264\ bp)}$ 為 No. 7 雜交種母本的專一性等位基因片段，CAMS-340$_{(290\ bp)}$ 為父本的專一性等位基因片段，而 No. 7 雜交種則為 CAMS-340$_{(264,\ 276,\ 290\ bp)}$ 3 個片段 (圖 9、表 4)。120 個 No. 7 雜交種的發芽苗株經 CAMS-340 基因座檢測結果，編號 77 苗株的 SSR-PCR 產物未能清晰判讀，而編號 49、68、81、96、119 等 5 個苗株均與母本的 SSR profile 相同，可能為母本自交汙染；依據 CAMS-340 基因座的 PCR 分析產物結果，計算其雜交種子純度為 95.0% (圖 9、表 4)。

以 EPMS-712 基因座進行 No. 7 雜交種子純度檢測結果，產物為 2 個等位基因合計 4 個 SSR 片段 (151、157、166 及 175 bp)，其中 EPMS-712$_{(151\ bp)}$ 為 No. 7 雜交種父本的專一性等位基因片段，EPMS-712$_{(157\ bp)}$ 為母本的專一性等位基因片段，而 No. 7 雜交種則為 EPMS-712$_{(151,\ 157,\ 166,\ 175\ bp)}$ 4 個片段 (圖 10、表 4)。120 個 No. 7 雜交種的發芽苗株經 EPMS-712 基因座檢測結果，編號 77 的苗株無 SSR-PCR 產物 (圖 10)；編號 49、68、81、96、119 等 5 個苗株均與母本的 SSR profile 相同，可能為母本自交汙染，經計算其雜交種子純度為 95.0% (圖 10、表 4)。綜合 CAMS-340 和 EPMS-712 基因座之 SSR-PCR 分析結果，No. 7 雜交種子之遺傳純度為 95.0% (表 4)。對照果實等園藝性狀之 GOT 檢定結果，亦發現編號 77 和編號 119 的異型株確實與正常的 F_1 植株 (編號 80) 性狀相異 (圖 11)。

討論

栽培種番椒的染色體組 2n = 2x = 24，基

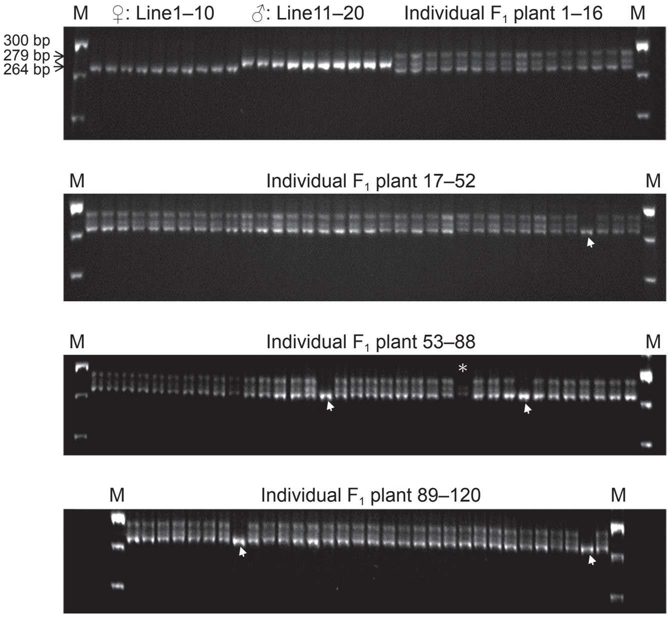

圖 9. 以 SSR 標誌 (CAMS-340) 進行番椒 No. 7 的雜交種子純度之檢測。

Fig. 9. Assessment of seed purity in hybrid No. 7 and respective parental lines (♀ and ♂) using the SSR marker of CAMS-340. M: 50 bp DNA Ladder from GeneMark; F_1 plant number 49, 68, 81, 96 and 119 (arrow) represent the selfed plants; F_1 plant number 77 (star) represent a mixture plant.

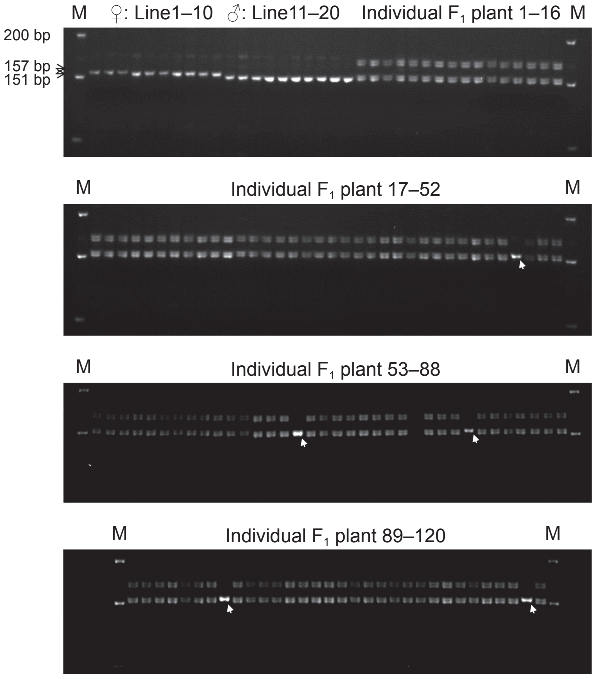

圖 10. 以 SSR 標誌 (EPMS-712) 進行番椒 No. 7 的雜交種子純度之檢測。

Fig. 10. Assessment of seed purity in hybrid No. 7 and respective parental lines (♀ and ♂) using the SSR marker of EPMS-712. M: 50 bp DNA Ladder from GeneMark; F_1 plant number 49, 68, 81, 96, and 119 (arrow) represent the selfed plants.

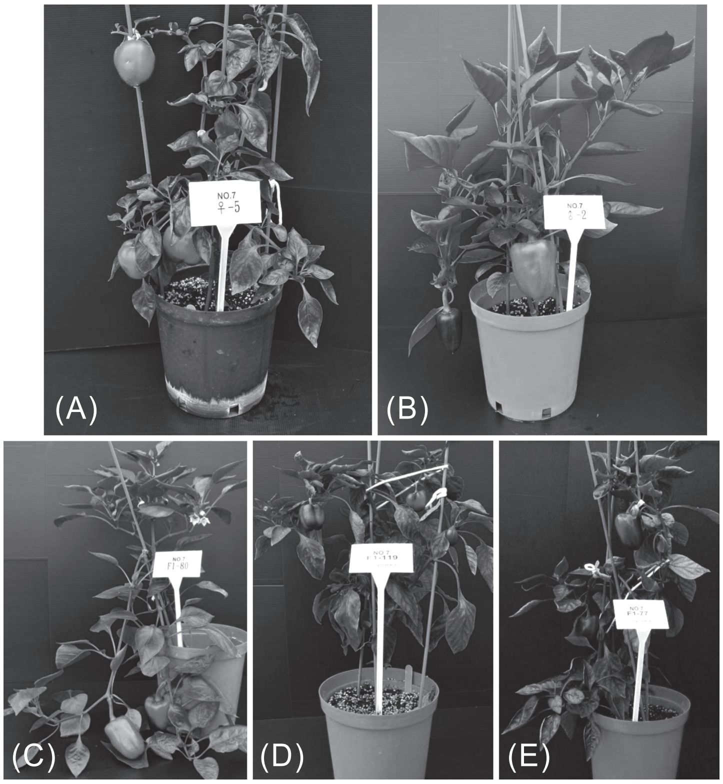

圖 11. 番椒雜交種 No. 7 與其親本的外觀性狀 (A) No. 7 的母株；(B) No. 7 的父株；(C) 正確的 No. 7 之 F_1 株；(D)、(E) 異型的 No. 7 F_1 株 (off-type F_1)。

Fig. 11. Morphological comparisions of matured pepper from typical F_1 (C), off-type F_1 (D and E) hybrids of No. 7 and parental plants (A: female parent; B: male parent).

因組大小約 3.3 Gb (Moscone *et al*. 2007)，全基因組於 2014 年完成定序 (Cheng *et al*. 2014)。目前針對番椒特定性狀的遺傳連鎖圖譜，以 SSR 標誌最為廣泛，如用於探索花期相關的 QTL (quantitative trait locus) 圖譜，係以 InDel 標誌和 SSR 標誌共同建構 (Tan *et al*. 2015)。Ince *et al*. (2010) 則利用番椒的根、莖、葉、花、果、種子等不同組織，並以不同發育階段的 cDNA，探勘 genic-SSR 結果顯示，相關於組織專一性的基因 (tissue-specific genes) 以 dinucleotide 雙核苷重複基序較多，而管家型基因 (housekeeping genes) 則以 trinucleotide 重複基序較多。Minamiyama *et al*. (2007) 又以 SSR-based 圖譜進行番椒疫病 (*Phytophthora capsicum*) 抗性之 QTL 分析。鑑於 SSR 存在基因組的豐富性與多型性，加上其遺傳分析的技術門檻較低，極適合作為例行性的種子遺傳純度檢定之利用。本研究自前人探勘的番椒 SSR 標誌中，選取種間或種內具多型性的候選引子 374 組，測試 8 個 F_1 品種純度之檢測 (有 3 個 F_1 品種之檢測數據未列於本文)，初步已建立核心引子 12 組，可提供商業雜交種子純度檢測之利用。

歸納前人對番椒基因組的 SSR 基序分析結果，以三核甘酸序列重複最為普遍，其次為二核甘酸序列重複；而三核甘酸重複基序 (trinucleotide repeat motif) 中又以 GAA/AGA/AAG (CTT/TTC/TCT) 出現頻度較高；二核甘酸重複基序 (dinucleotide repeat motif) 則以 AG/GA (TC/CT) 出現頻度較高 (Minamiyama *et al*. 2006; Yi *et al*. 2006; Lu *et al*. 2011; Ahn *et al*. 2013)。本研究針對番椒雜交種鑑別而建

立的 12 個高訊息 SSR 標誌，其中 3 個屬於二核甘酸重複序列且基序為 AG (TC/CT)，另 3 個三核甘酸重複基序則為 AGA/GAA (CTT)，與前人針對番椒基因組之 SSR 分析結果吻合。唯針對 SSR-PCR 多型性產物的判讀能力，以三核甘酸重複基序或組合型核甘酸重複基序 (compound perfect repeat motif) 的多型性片段差異性較大於二核甘酸序列重複基序的產物，較利於判讀，可利用 Agarose 或 PAGE 膠體電泳方式，提供例行性檢定之利用。

種苗公司生產高價的 F_1 種子，必需確保出售的 F_1 種子純度達於標準 (98%) 或以上，而異型種子來源不外乎自交種子汙染，或是考種、包裝期間的外來種原混雜汙染。為確保或提升採種品質，必須釐清種子汙染的緣由，以判斷是否需要加強雄不稔性狀穩定性的監測，或去雄操作的確實性，或嚴格掌控種子調製的潔淨度等環節。分子標誌正是快速檢測與評估異型種子基因型的優選工具，有助於品管人員發覺種子汙染來源，進一步針對缺失而改善之。GOT 是 ISTA 等國際種苗組織與業界傳統使用的純度檢查方法，首先得建立正確且具有代表性的標準品 (雜交種) 之園藝性狀資料庫，再依個別作物發生自交的頻度，分別取 100–1,000 個雜交種之抽樣檢定樣品，進行對照栽培比較，依其性狀差異性說明 off-type 發生的情形與比率，並取得各批次種子之純度。目前國際間開發多種快速、簡便的 DNA 分子標誌 (RAPD、SSR、ISSR 以及 SNP 等)，可提供雜交種鑑定或種子純度之檢測；其中 SSR 分子標誌分析兼具簡易、穩定、精確性等多項優點，所需檢測時程僅需 1–2 wk，相較於傳統 1–3 mo 的 GOT 方式更節省人力、物力成本，可爭取出貨時效；其檢測材料可使用單粒種子或發芽苗等微量樣品 (5–20 mg)，配合操作簡易的 DNA 萃取技術，即可提供 SSR-PCR 分析用，迅速取得各採種批次之種子純度，是現代商業種苗生產品管上實務應用之利器。

誌謝

本研究承蒙農委會農糧領域科技計畫 (103 農科-9.1.1-農-C5) 經費補助，謹此致謝。

引用文獻

Ahn, Y., S. Tripathi, Y. Cho, J. Kim, H. Lee, D. Kim, J. Woo, and M. Cho. 2013. *De novo* transcriptome assembly and novel microsatellite marker information in *Capsicum annuum* varieties Saengryeg 211 and Saengryeg 213. Bot. Stud. 54:58–67.

Arun Kumar, M. B., M. Dadlania, R. Kumarb, and S. R. Jacob. 2014. Identification and validation of informative SSR markers suitable for ensuring the genetic purity of brinjal (*Solanum melongena* L.) hybrid seeds. Sci. Hortic. 171:95–100.

Ballester, J. and de V. M. Carmen. 1998. Determination of F_1 hybrid seed purity in pepper using PCR-based markers. Euphytica 103:223–226.

Cheng, Q., C. Yu, Y. Shen, X. Fang, L. Chen, J. Min, J. Cheng, S. Zhao, M. Xu, Y. Luo, Y. Yang, Z. Wu, L. Mao, H. Wu, C. Ling-Hu, H. Zhou, H. Lin, S. Gonzalez-Morales, D. L. Trejo-Saavedra, H. Tian, X. Tang, M. Zhao, Z. Huang, A. Zhou, X. Yao, J. Cui, W. Li, Z. Chen, Y. Feng, Y. Niu, S. Bi, X. Yang, W. Li, H. Cai, X. Luo, S. Montes-Hernandez, M. A. Leyva-Gonzalez, Z. Xiong, X. He, L. Bai, S. Tang, D. Liu, J. Liu, S. Zhang, M. Chen, L. Zhang, Y. Zhang, M. Wang, X. Lv, B. Wen, H. Liu, H. Luan, Y. Zhang, S. Yang, X. Wang, J. Xu, X. Li, S. Li, J. Wang, A. Palloxi, P. W. Bosland, Y. Li, A. Krogh, R. F. River-Bustamante, L. Herrera-Estrella, Y. Yin, J. Yu, K. Hu, and Z. Zhang. 2014. Whole-genome sequencing of cultivated and wild peppers provides insights into *Capsicum* domestication and specialization. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 111:5135–5140.

Condit, R. and S. P. Hubbell. 1991. Abundance and DNA sequence of two-base repeat regions in tropical tree genomes. Genome 34:66–71.

Crockett, P. A., P. L. Bhalla, C. K. Lee, and M. B. Singh. 2000. RAPD analysis of seed purity in a commercial hybrid cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) cultivar. Genome 43:317–321.

Gong, L. and Z. Geng. 2010. EST-SSR markers for gerbera (*Gerbera hybrida*). Mol. Breeding 26:125–132.

Hashizume, T., I. Shimamoto, and M. Hirai. 2003. Construction of a linkage map and QTL analysis of horticultural traits for watermelon [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai] using RAPD, RFLP and ISSR markers. Theor. Appl. Genet. 106:779–785.

Hashizume, T., I. Shimamoto, I. Y. Harushima, M. Yui, T. Sato, T. Imai, and M. Hirai. 1996. Construction of a linkage map for watermelon [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai] using random amplified polymorphic DNA (RAPD). Euphytica 90:265–273.

Ida, A. A., J. A. Plummer, R. A. Lancaster, and G. Yan. 2008. Identification of ‘Sib’ plants in hybrid cau-

liflowers using microsatellite markers. Euphytica 164:309–316.

Ince, A. G., M. Karaca, and A. N. Onus. 2010. Differential expression patterns of genes containing microsatellites in *Capsicum annuum* L. Mol. Breeding 25:645–658.

Iqbal, M. J., D. W. Paden, and A. L. Rayburn. 1995. Assessment of genetic relationships among rhododendron species, varieties and hybrids by RAPD analysis. Sci. Hortic. 63:215–223.

Jang, I., J. H. Moon, J. B. Yoon, J. H. Yoo, T. J. Yang, Y. J. Kim, and H. G. Park. 2004. Application of RAPD and SCAR markers for purity testing of F_1 hybrid seed in chili pepper (*Capsicum annuum*). Mol. Cell 18:295–299.

Komori, T. and N. Nitta. 2004. A simple method to control the seed purity of japonica hybrid rice varieties using PCR-based markers. Plant Breed. 123:549–553.

Kumpatla, S. P. and S. Mukhopadhyay. 2005. Mining and survey of simple sequence repeats in expressed sequence tags of dicotyledonous species. Genome 48:985–998.

Lee, H., I. Bae, S. Park, H. Kim, W. Min, J. Han, K. Kim, and B. Kim. 2009. Construction of an integrated pepper map using RFLP, SSR, CAPS, AFLP, WRKY, rRAMP, and BAC end sequences. Mol. Cell 27:21–37.

Lee, J. M., S. H. Nahm, Y. M. Kim, and B. D. Kim. 2004. Characterization and molecular genetic mapping of microsatellite loci in pepper. Theor. Appl. Genet. 108:619–627.

Liu, L. W., Y. Wang, Y. Q. Gong, T. M. Zhao, G. Liu, X. Y. Li, and F. M. Yu. 2007. Assessment of genetic purity of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) hybid using molecular markers. Sci. Hortic. 115:7–12.

Lu, F., M. Yoon, Y. Cho, J. Chung, K. Kim, M. Cho, S. Cheong, and Y. Park. 2011. Transcriptome analysis and SNP/SSR marker information of red pepper variety YCM334 and Taean. Sci. Hortic. 129:38–45.

McCouch, S. R., L. Teytelman, Y. Xu, K. B. Lobos, K. Clare, M. Walton, B. Fu, R. Maghirang, Z. Li, Y. Xing, Q. Zhang, I. Kono, M. Yano, R. Fjellstrom, G. DeClerck, D. Schneider, S. Cartinhour, D. Ware, and L. Stein. 2002. Development and mapping of 2240 new SSR markers for rice (*Oryza sativa* L.). DNA Res. 9:199–207.

Minamiyama, Y., M. Tsuro, and M. Hirai. 2006. An SSR-based linkage map of *Capsicum annuum*. Mol. Breeding 18:157–169.

Minamiyama, Y., M. Tsuro, T. Kubo, and M. Hirai. 2007. QTL Analysis for resistance to *Phytophthora capsici* in pepper using a high density SSR-based map. Breeding Sci. 57:129–134.

Moscone, E. A., M. A. Scaldaferro, M. Grabiele, N. M. Cecchini, Y. Sánchez García, R. Jarret, J. R. Daviña, D. A. Ducasse, G. E. Barboza, and F. Ehrendorfer. (2007). The evolution of chili peppers (*Capsicum* - Solanaceae): A cytogenetic perspective. Acta Hortic. 745:137–170.

Mujaju, C., J. Sehic, G. Werlemark, L. Garkava-Gustavsson, M. Fatih, and H. Nybom. 2010. Genetic diversity in watermelon (*Citrullus lanatus*) landraces from Zimbabwe revealed by RAPD and SSR markers. Hereditas 147:142–153.

Portis, E., I. Nagy, Z. Sasvári, A. Stágel, L. Barchi, and S. Lantari. 2007. The design of *Capsicum* spp. SSR assays via analysis of in silico DNA sequence, and their potential utility for genetic mapping. Plant Sci. 172:640–648.

Tan, S., J. Cheng, L. Zhang, C. Qin, D. Nong, W. Li, X. Tang, Z. Wu, and K. Hu. 2015. Construction of aninterspecific genetic map based on InDel and SSR for mapping the QTLs affecting theinitiation of flower primordia in pepper (*Capsicum* spp.). PloS One 10:e119389. doi:10.1371/journal.pone.0119389.

Wang, Z., J. L. Weber, G. Zhong, and S. D. Tanksley. 1994. Survey of plant short tandem DNA repeats. Theor. Appl. Genet. 88:1–6.

Wöhrmann, T. and K. Weising. 2011. In silico mining for simple sequence repeat loci in a pineapple expressed sequence tag database and cross-species amplification of EST-SSR markers across Bromeliaceae. Theor. Appl. Genet. 123:635–647.

Yi, G., J. M. Lee, S. Lee, D. Choi, and B. Kim. 2006. Exploitation of pepper EST-SSRs and an SSR-based linkage map. Theor. Appl. Genet. 114:113–130.

Analysis of Seed Purity for the Bell Pepper (*Capsicum annuum*) Hybrid Using SSR Markers

Jau-Yueh Wang[1,*], Da-Gin Lin[2], and Feng-Chyi Lin[3]

Abstract

Wang, J. Y., D. G. Lin, and F. C. Lin. 2016. Analysis of seed purity for the bell pepper (*Capsicum annuum*) hybrid using SSR markers. J. Taiwan Agric. Res. 65(4):406–419.

Identification of seed purity of F_1 hybrids is a critical factor of quality control in the production of hybrid seeds. The grow out test (GOT) is based on the morphological characters of plants grown to maturity. However, GOT may influence by the environment and is time consuming, there is necessary to identify a rapid and reliable test like DNA based assay for this purpose. The objective of this study was to generate specific and co-dominant SSR (simple sequence repeat) markers for discrimination of parental lines and the subsequent assessment of seed purity in pepper hybrids. Genomic DNA from two hybrids and their parental lines were screened with 374 SSR primer pairs and 12 informative SSR markers were identified. Among the informative SSR markers, five key markers were selected for seed purity test for No. 5, No. 6, and No. 7 hybrids. A total of 120 hybrid individuals from each hybrid were tested using the identified markers, and results showed the seed purity rate for the three hybrid seed lots were 99.2, 98.3 and 95.8%, respectively. The contamination of inbred seeds obtained by SSR-PCR analysis was comparable to the GOT method. These results indicated that SSR markers could be used as a rapid and efficient tool in testing the seed purity of the commercial pepper hybrid.

Key words: *Capsicum annuum*, Simple sequence repeat, Hybrid seed purity.

Received: December 17, 2015; Accepted: March 1, 2016.

* Corresponding author, e-mail: jywang@tari.gov.tw

1 Assistant Research Fellow, Biotechnology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

2 Associate Research Fellow, Biotechnology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

3 Associate Research Fellow, Applied Zoology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 65(4):420–429 (2016)
DOI: 10.6156/JTAR/2016.06504.07 研究報告

降低地下水中砷含量之方法比較

廖崇億[1] 廖倍滋[1] 陳琦玲[2,*]

摘要

廖崇億、廖倍滋、陳琦玲。2016。降低地下水中砷含量之方法比較。台灣農業研究 65(4):420–429。

地下水為台灣中南部主要灌溉水源之一，然因地質因素，地下水砷含量常超過灌溉水質標準 (0.05 mg L^{-1})。為提供農業安全的灌溉水質，並減緩土壤砷的累積，本研究試用多種移除砷之方法，包含化學混凝法、陰離子交換法、電凝法、吸附法，氧化沉澱法等，先在實驗室以小量從現地取回之灌溉水篩選砷移除效率較佳者，進行雲林東勢鄉和北港鎮之現場 2 Mg 水量除砷之驗證。試驗與評估結果顯示，以化學混凝法、氧化沉澱法較有效益，依地下水砷濃度與處理方法差異約需 1–30 d。但受限於農地不易提供反應的儲水設備空間，故此兩種方法以提供設施栽培或滴灌栽培等少量用水農法較為可行。

關鍵詞：地下水、砷、化學混凝法、氧化沉澱法。

前言

地下水中之砷 (arsenic; As) 源於富含砷之礦物藉生物作用、地質化學反應或人為活動等溶解或轉移至地下水 (Smedley & Kinniburgh 2002; Sohel *et al*. 2009)。國際癌症中心 (International Agency for Research on Cancer) 將砷列為人類已知致癌物，因此砷長期以來為全球的公共衛生與環境污染整治之重點議題之一，特別在常以地下水作為飲用水之亞洲地區，如印度、巴基斯坦、中國、孟加拉和台灣等 (Roychowdhury *et al*. 2002; Meharg & Rahman 2003; Fendorf *et al*. 2010; Fu *et al*. 2011)。在1960年代台灣西南沿海爆發烏腳病，乃因長期飲用含高濃度砷之井水導致，後來隨自來水接管率增加，飲用水經自來水廠處理後，近40年來台灣鮮有再發生烏腳病之案例；但至今台灣中南部仍以地下水作灌溉農田及養殖魚塭等用途，據調查約有 20% 農業區地下水值超過灌溉水質標準 0.05 mg L^{-1}，其中雲林農業區地下水砷約有 25% 超過 0.05 mg L^{-1} 灌溉水質標準 (Chen *et al*. 2014)。

植體砷含量常和土壤或灌溉水中含砷量成正相關 (Williams *et al*. 2006)；然因土壤 - 植物障礙影響 (Chaney 1980)，植體砷含量達到對人體造成危害之濃度時，作物已受到毒害，因此人類因食用高含砷量作物，而危害健康之風險甚低；但長期使用含砷地下水灌溉農地，將造成土地中砷累積超過土壤重金屬監測或管制標準，產生農地利用問題，亦有可能危害人體健康。為降低砷在土壤中之累積，長久之計為拓展以地面水為水源之水利系統或是現地整治，或是尋求現場可用之簡易地下水除砷方法。本研究之目的即評估一有效且低成本之處理方法，供農友使用之參考。

常用於除砷之方法包含混凝沉澱法、離子交換法、吸附法、濾膜法、電化學法與氧化技術等，但對於不同水質其移除效率不同，且成本亦不同 (Kim & Benjamin 2004; Hansen & Grandon 2006; Iqbal *et al*. 2007; Mohan &

投稿日期：2015 年 12 月 29 日；接受日期：2016 年 4 月 1 日。
[*] 通訊作者：chiling@tari.gov.tw
[1] 農委會農業試驗所農業化學組研究助理。台灣 台中市。
[2] 農委會農業試驗所農業化學組研究員。台灣 台中市。

Pittman 2007; Malik *et al*. 2009; Singh *et al*. 2015)。本研究係針對台灣西南部的地下水探討數種移除砷之處理方式，包括 (1) 化學混凝法，(2) 陰離子交換樹脂，(3) 吸附法，(4) 電化學法；(5) 氧化沉澱法等，並在現場 (on site) 進行大量地下水除砷方法評估與比較。

材料與方法

供試地下水樣篩選

為快速檢測地下水中砷，使用砷快速檢測套組 (MERCK Ltd., Darmstadt, Germany)，進行含砷地下水初步篩選，以選定砷含量較高的地下水進行試驗，快篩套組可檢測範圍為 0–3 mg L^{-1}，精密度約 0.5 mg L^{-1}。

實驗室移除地下水中砷之試驗

以採自雲林縣東勢鄉、北港鎮等地之地下水進行除砷試驗，測試除砷方法如下：(1) 陰離子交換樹脂：以磁石攪拌混合定量水樣 (0.5 L) 和陰離子交換樹脂 (30 g)，於不同時間 (10, 20, 30 min) 下比較砷移除率。(2) 碳吸附法：以活性碳作吸附劑，以 150 mL 的水樣，比較不同活性碳量 (0.06–1.92 g) 之除砷率。(3) 電化學法：以陽極 (鐵) 為犧牲電極，釋放金屬離子，在氧化還原作用中形成氫氧化物的膠羽，同時電場可助於膠羽形成而沉澱，測試不同電流 (2 A/4 A) 和電壓 (10 V/20 V/30 V) 之去除砷效率。(4) 化學混凝法，比較氯化鐵添加量差異與氧化劑選擇 (過氧化氫和次氯酸酸鈉) 之砷去除效率，依水量添加氯化鐵至濃度為 20 mg L^{-1}，另再添加次氯酸鈉或過氧化氫至濃度為 10 mg L^{-1}。

現場移除地下水中砷之試驗

地點選擇以雲林縣東勢鄉 (N 120.255, E 23.673) 與北港鎮 (N 120.307, E 23.614) 兩處農地，以放置兩組 2 Mg 水量之水桶，進行試驗，並依試驗需求，於出水口加裝過濾器 (10 μm 濾心)。根據實驗室試驗結果，選擇除砷效率佳與低成本者之除砷法，包括電凝法、吸附法、化學混凝法與氧化沉澱法進行方法比較：(1) 電凝法，犧牲極棒作用表面積 1,554 cm^2 之 2 重複試驗，以 50 V/5 A 於 10、20 及 30 min 不同作用時間下測試除砷效果。(2) 吸附法，以商品化濾材-除鐵砂 (DMI-65, Rotek) 填充於過濾匣中，檢測經過濾之水，評估其除砷效果。(3) 化學混凝法，添加氯化鐵、次氯酸鈉，利用化學混凝評估除砷效率；(4) 氧化沉澱法，將地下水抽取後，靜置於儲水桶中 (圖 1)，由取水孔取水樣分析砷、鐵濃度。

地下水水質與試驗樣本分析

地下水質樣本收集後，以手提式水質檢測器分析 (WTW Multi-340i, Weilheim, Germany) 檢測水質酸鹼值 (pH) (NIEA W424.52A) (Environmental Analysis Laboratory 2008)、電導度 (electrical conductivity; EC) (NIEA W203.51B) (Environmental Analysis Laboratory 2000)，另取同一樣本約 250 mL，添加硝酸使 pH < 2 以保存樣本。水樣前處理參考環檢所水中元素萃取消化法—微波輔助酸消化法 (NIEA W312.51C) (Environmental Analysis Laboratory 2013) 進行，總砷量測以感應耦合電漿質譜儀 (inductively coupled plasma-mass spectrometry, ICP-MS, 7500C, Agilent, USA) (NIEA W313.52B) (Environmental Analysis Laboratory 2009) 檢測；水中鐵與錳分析，則以感應耦合電漿原子發射光譜分析儀 (inductively coupled plasma-optical emission spec-

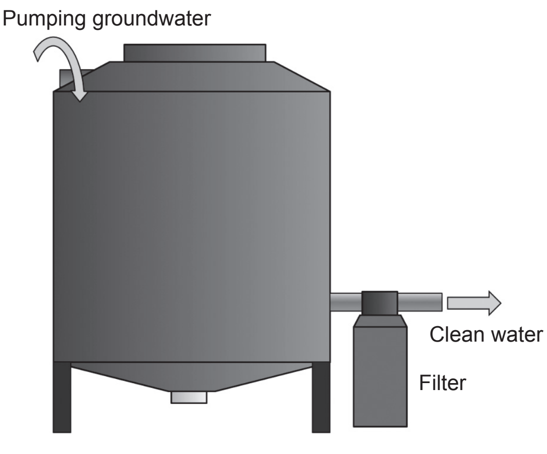

圖 1. 現場地下水除砷用儲水桶示意圖。

Fig. 1. A conceptual diagram of facility for groundwater arsenic removal in the field.

trometer, ICP-OES, Ultima 2C, Horiba Jobin Yvon, USA) (NIEA W311.53C) (Environmental Analysis Laboratory 2014) 檢測。各試驗樣本皆進行 2 重複分析，以確認再現性。

結果與討論

實驗室除砷試驗

陰離子交換樹脂：試驗採用強鹼型陰離子樹脂，此類樹脂與 $As^{(V)}$ 砷酸根 ($H_2AsO_4^-$、$HAsO_4^{2-}$) 有較高之親和性。將砷濃度為 0.1 mg L^{-1} 之原水經陰離子樹脂以水：樹脂為 17：1 混合處理後，雖可降低水中砷濃度，但其效果不佳，除砷率僅約 25%。造成陰離子交換樹脂效果差之原因，應與離子競爭效應 (如硫酸鹽與硝酸鹽等)、溶解性固體與砷鐵複合物等因素有關，而水質分析結果顯示硫酸根等陰離子濃度遠高於砷濃度。因地下水中之還原狀態，水中之 As 多為 $As^{(III)}$，若使用陰離子樹脂前預先氧化地下水，可使水中 $As^{(III)}$ 氧化為 $As^{(V)}$ 後形成砷酸，應有助於增加除砷效果 (Höll 2010; Singh *et al*. 2015)。

亦有文獻研究，離子樹脂可達到 99% 的砷去除率，處理水量約樹脂體積之 100 倍 (Lin 1999)，與本試驗結果差異大，可能水源、樹脂特性差異有關；但即使以此移除效率計算，對每期作物每公頃 1,000–10,000 Mg 之淹灌水量仍嫌不足，且成本極高，以每期旱作栽培約 3,000 Mg ha^{-1} 的需水量估計，最佳效益水：樹脂比為 100：1 下進行除砷處理，然陰離子交換樹脂每公升約 300–400 元，0.1 ha 之農地，田間處理每期作成本高達 90 萬–120 萬元，且每 1 Mg 水約產生 10 kg 廢棄物，將有大量廢棄交換樹脂處理問題。

活性碳吸附法：以水：活性碳比例 75：1 進行除砷測試，0.1 mg L^{-1} 砷濃度之原水濃度處理後，除砷率可達 50%，活性碳成本約陰離子樹脂成本之 1/2–1/4。但與前述樹脂相同，使用吸附材料去除水中砷，因缺乏選擇性，地下水其他陰離子易與砷酸離子產生吸附競爭，導致砷的吸附效果不足，特別是在長期與大量用水量下，濾材成本高，不利於農業區灌溉水除砷之應用。以每期旱作栽培約 3,000 Mg ha^{-1} 的需水量，水：活性碳比例 75：1 進行除砷處理，估計 0.1 ha 每期旱作田間處理成本約 30 萬–80 萬元，且每 1 Mg 水約產生 13 kg 廢棄物，仍有大量廢棄物處理問題。

化學混凝法：化學混凝為簡易且廣泛使用之淨水方法，本研究參考台灣自來水公司之淨水法，以氯化鐵作為混凝劑，形成膠羽吸附污染物或與污染物共沉澱，再經靜置重力沉降或直接利用濾材過濾去除污染物。相關文獻中指出對於去除水中砷之混凝劑以氯化鐵較佳，且適用 pH 範圍廣 (Hering *et al*. 1997; Singh *et al*. 2015)，其反應機制為鐵離子在氧化狀況下，產生氫氧化鐵 [$Fe(OH)_3$、FeOOH 等]，在共沉澱與吸附作用下，去除水中之砷 (Bruce & Sabine 1997)。

本試驗以地下水砷濃度為 0.1 mg L^{-1} 進行試驗，試驗結果顯示加入氯化鐵、次氯酸鈉並經過濾，可去除 50–90% 砷，試驗以在添加 20 mg L^{-1} 氯化鐵、10 mg L^{-1} 次氯酸鈉最佳。由於添加之氯化鐵量，相較於地下水中懸浮固體或鹽類比例仍低很多，本試驗中處理前總鹽類離子含金屬濃度約 260 mg L^{-1}，沉澱過濾後總鹽類含金屬離子濃度約 240 mg L^{-1}，減少約 20 mg L^{-1}；一般地下水懸浮固體量或鹽類總濃度約 100–1,000 mg L^{-1}，但由於多屬可溶性鹽類，以其 1/10，即每公斤水所產生沉澱物 10–100 mg 估計，每 1 Mg 用水量，約產生沉澱物量 0.01–0.1 kg。

依據自來公司提供資料，自來水淨水處理方法為每公噸水投入 20 g 氯化鐵 (20 mg L^{-1})、10 g 次氯酸鈉 (10 mg L^{-1})，其成本每 1,000 Mg 水之成本約 200 元，為可承受範圍，但需有沉澱池或過濾設備，在硬體設備成本較高。

電凝法：電凝法係利用電壓作用於水中之鐵極板，使其表面離子化，釋出鐵離子 (Fe^{3+}) 或亞鐵離子 (Fe^{2+})，進而形成氫氧化鐵 [$Fe(OH)_3$、FeOOH 等] 之混凝劑，取代傳統混凝劑添加。試驗在原水砷濃度為 0.1 mg L^{-1}；若電壓增加至 30 V，電凝作用時間 45 min 後，配合過濾，可達 70% 的除砷效率。電極間的電位差愈大，其電場強度愈大，粒子偶極化的

效果越佳，使得粒子間的凝聚效果會較佳，有助於污染物沉降，可大幅增加砷去除效率 (Kumar *et al*. 2004)。增加電凝之電壓/電流、增加犧牲電極之面積，可減少電凝作用時間，有研究學者將其模組化，以連續密集之極板進行含砷廢水處理，可提高除砷效率 (Kumar *et al*. 2004) 至 80–90%，但所產生沉澱物量亦高於化學混凝法，仍需配合濾材或沉澱池進行。

現場除砷試驗

雲林縣東勢鄉與北港鎮之地下水特性 (表 1)，其灌溉農井之井深約 30–40 m，水質為中性至弱鹼性，EC 皆在灌溉水質標準 750 μS cm^{-1} 以上，顯示水中離子含量高，東勢鄉地下水含砷量略高於灌溉水質標準 (0.05 mg L^{-1})，濃度為 0.075 mg L^{-1}，北港試驗地點地下水含砷量超過地下水污染監測標準 (0.25 mg L^{-1})，濃度為 0.461 mg L^{-1}。現場除砷測試方法包含：電凝法、吸附法、化學混凝法、氧化沉澱法等方法。

電凝法：電凝法測試結果顯示，在地下水砷濃度 0.076 mg L^{-1} 下，以 5 A/50 V 條件進行電凝法除砷，經 10/20/30 min 在水樣靜止和流動狀態下，皆無法有效去除砷，經濾器仍未能有助於移除砷之效果，處理後砷濃度仍為 0.072–0.079 mg L^{-1}。可能原因為犧牲極棒表面積太小，釋放鐵離子之效果不佳，且極棒之間間距太大，電場作用太小，再者因電場作用時間不足導致砷移除效果不佳，除砷效果 < 10%。若提高電壓與電流等參數，縮短極板距離，增加電場效率，或可提高除砷效果，但將造成操作風險性提高，沉澱物量亦增加，仍需配合濾材或沉澱池進行，對於田間操作上，此法不如化學混凝法容易操作與施行。

吸附法：依據實驗室試驗結果顯示以活性碳吸附砷之移除效率不佳，故另採用除鐵砂進行現場試驗，將材料填充於濾匣後，可用於去除下水中鐵、錳和砷。田間試驗結果顯示地下水之砷原始濃度為 0.076 mg L^{-1}，經濾夾過濾後，其最佳移除效率為 22%，但隨增加作用時間，約再過 30 min 後，其除砷率逐漸下降；推測因吸附達飽和後，導致去除效果不彰。

化學混凝法：化學混凝法係以原始砷濃度 0.078 mg L^{-1} 和 0.099 mg L^{-1} 之地下水進行試驗，在 2 Mg 水桶中，加入約 40 g 氯化鐵 (20 mg L^{-1}) 與 40 mL 次氯酸鈉 (20 mg L^{-1})，在混合 20 min 後，經過濾可達到 50% 去除率，若再增加混凝和沉澱之作用時間，可提高除砷效率。但由於所添加之次氯酸鈉，其鈉離子會造成水質鈉吸附比 (sodium adsorption ratio; SAR) 增加，需注意原水質狀況，降低土壤鹼化風險。

氧化沉澱法：中南部地下水中，因地質因素，常含有較高濃度之鐵，相關研究亦指含高濃度砷地下水中鐵含量亦高 (Chen *et al*. 2010)。因此，評估在不額外添加氯化鐵下，利用原本地下水中所含之鐵自然氧化，即可形成氫氧化鐵 [$Fe(OH)_3$、FeOOH 等]，在共沉澱與吸附作用下，應可去除水中之砷。依據試驗結果，東勢與北港之地下水砷含量與氧化降解之時序變化如圖 2 所示，顯示利用自然氧化之砷鐵共沉澱，能降低地下水之砷濃度，經孔徑 10 μm 濾心或濾紙過濾後，在 3–5 d 內可達到 50% 以上之移除率；以自然沉澱，則約 10 d 後，在水桶 1/3 水位高度以上之地下水，亦可達到 50% 移除率。

氧化沉澱法之地下水除砷比例與時間之關係如圖 2，砷去除率隨時間增長而增加。依據試驗結果曲線與前述化學混凝方法估計，當水中

表 1. 試驗地點之地下水特性。

Table 1. Characteristics of groundwater in the experimental site.

Location (sampling time)	pH	EC ($\mu S\ cm^{-1}$)	SO_4^{2-} ($mg\ L^{-1}$)	Cl^- ($mg\ L^{-1}$)	As ($mg\ L^{-1}$)	Fe ($mg\ L^{-1}$)	Mn ($mg\ L^{-1}$)
Dongshi (Aug.–Dec., 2012)	6.9 ± 0.1[z]	1636 ± 18	443 ± 167	69 ± 13	0.075 ± 0.015	2.9 ± 0.5	0.56 ± 0.06
Beigang (Jan.–Mar., 2015)	7.5 ± 0.1	1167 ± 36	266 ± 81	42 ± 20	0.461 ± 0.021	6.4 ± 0.2	0.38 ± 0.04

[z] Value = mean ± se.

砷濃度，0.05–0.10 mg L^{-1} 時，需去除 50% 濃度之砷，才能符合灌溉水質標準 0.05 mg L^{-1}，其所需時間依方法差異約 1–10 d。當水中砷濃度越高，則砷與氫氧化鐵反應時間需越充足，才能達到吸附、共沉澱之反應。當水中砷濃度達 0.10–0.25 mg L^{-1}，需去除 80% 以上砷，才能降到灌溉水質標準，其所需時間依方法差異約 3–30 d。估計各處理方法所花時間如表 2 所示。

本試驗中鐵與砷去除量之相關性如圖 3，其成指數相關，將相關式繪入 2000–2014 年環保署地下水監測資料之 Fe 與 As 含量如圖 4，

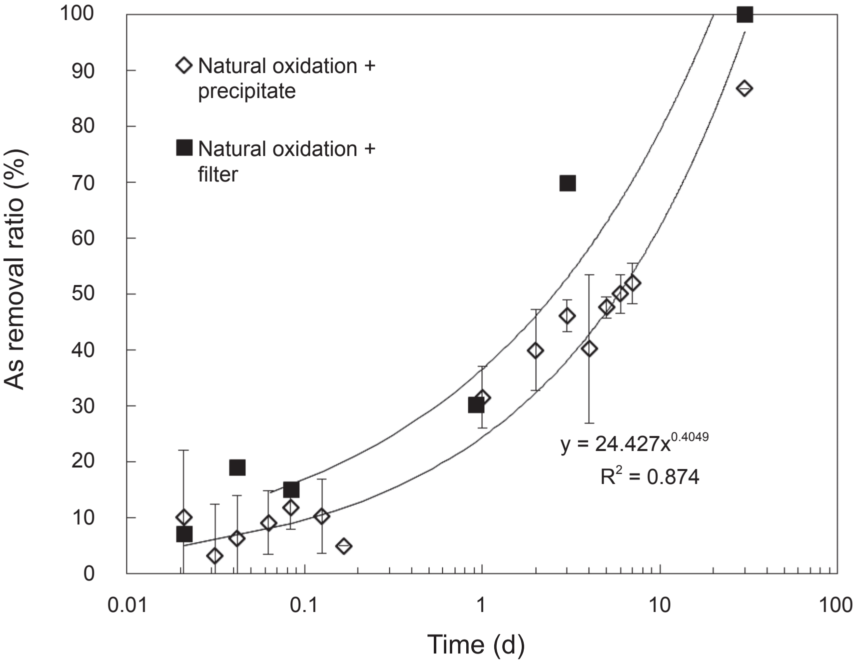

圖 2.　氧化沉澱法隨反應時間之砷移除率 (0.5 h to 30 d)。

Fig. 2.　The relation of arsenic removal ratio and reaction time using oxidation precipitation method (0.5 h–30 d)。

表 2.　使用化學混凝法與氧化沉澱法除砷所花費時間。

Table 2.　The required time for the reaction of oxidation precipitation method and coagulation method.

As concentration in ground water (mg L^{-1})	Adding $FeCl_3$ (10–20 mg L^{-1})	Adding oxidizing agent (10–20 mg L^{-1})	Filter	Days to remove
0.05–0.10	X[z]	X	X	15
	X	X	O	3–5
	O	X	X	10
	O	O	O	1
0.10–0.25	X	X	X	30
	X	X	O	3–5
	O	O	X	5–10
	O	O	O	3–5
> 0.25	X	X	O	30
	O	O	O	5–10

[z] X: no use; O: use.

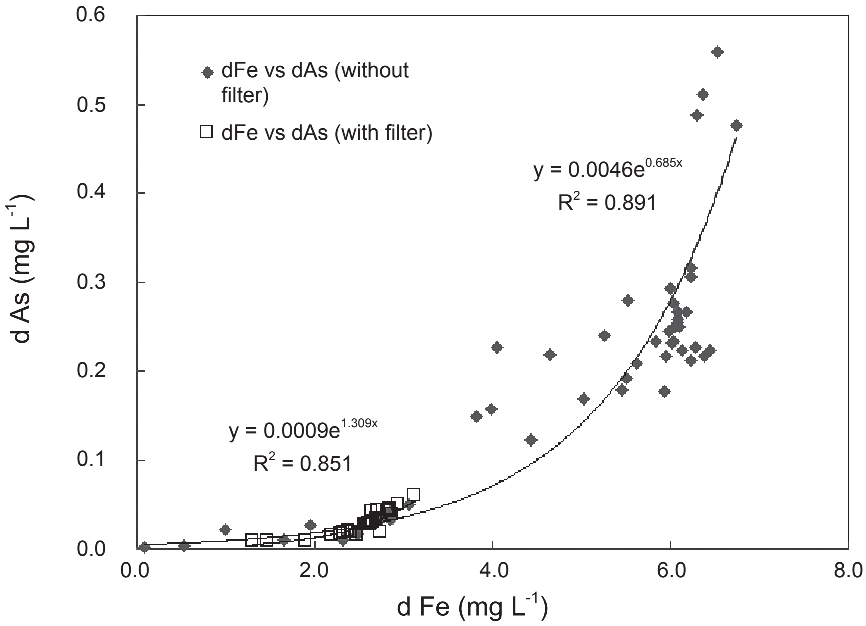

圖 3. 氧化沉澱法在過濾/未過濾下之鐵與砷去除量相關性。

Fig. 3. The relation of arsenic and iron removal using oxidation precipitation reaction with/without filtering.

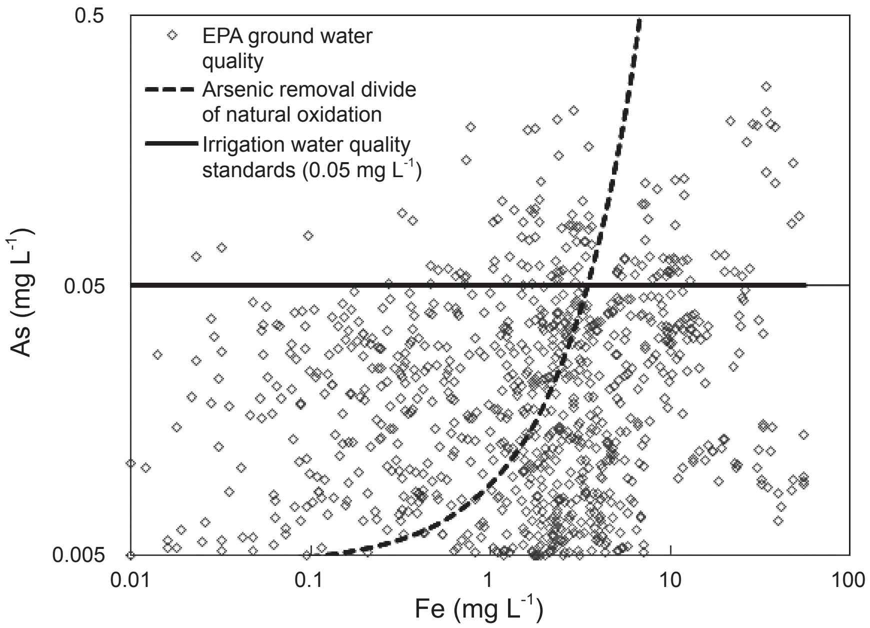

圖 4. 環保署監測網 (2000–2014 年) 地下水質 Fe 與 As 分布及氧化沉澱法 (不過濾) 適用範圍。

Fig. 4. The distribution of As and Fe content in groundwater of EPA monitoring network (2000–2014) and suitable range to apply oxidation precipitation to remove As without filtering.

即可瞭解利用氧化沉澱法去除砷狀況與可行性，在界線右側之地下水表示鐵含量足以去除其所含之砷濃度。依據前述方式估算，在 As 濃度超過 0.05 mg L^{-1} 灌溉水質標準的中南部地

下水樣本中，約有 70% 之地下水樣可透過自然氧化，將地下水砷濃度降至灌溉水質標準以內；含鐵量不足之地下水，則補充至 10 mg L^{-1} 鐵濃度含量，即可處理多數地下水中砷。

對於 0.1 ha 農地，水田每期作需水量約 1,000 Mg，旱作約 300 Mg，設施約 100 Mg，以用水量居中之旱作來計算，每期作分 6 次灌溉，50 Mg 水塔建置費用約 30 萬元計算，可使用 20 年，即 40 期作，估計使用氧化沉澱法，平均每期作用水成本約 8,000 元；此外，相較於電凝法、化學混凝法，成本較低且沉澱物量較少，後續處置成本亦較低。

適用性評估與比較

依據試驗結果與成本分析，以化學混凝法、氧化沉澱法較有使用效益，砷去除率最高可達 90% 以上，但估計除砷所需時間依處理方法與砷含量差異要 1–30 d，每噸用水成本仍約 30–100 元左右。此相對農糧署統計 (Agriculture and Food Agency 2016) 之每 0.1 ha 水稻生產成本之抽水費僅約 100–200 元，即約每噸水費僅約 0.1–0.2 元，高出千倍；考量用水量、儲存空間、成本，此法僅以提供設施栽培或滴灌栽培等用水量少之農法較為可行，因設施或滴罐栽培者，可利用原有之配藥或配料之設備。

目前測試之吸附材料，砷去除率僅在 50% 以下，且廢棄物量與成本皆高較不適用。在實驗室以少量樣本測試電凝法，砷去除效率佳，但田間設置與操作反不如化學混凝法容易，危險性亦較高。另與直接使用自來水比較，以最高用水成本，每公噸 12 元計算，則每 0.1 ha 每期旱作用水成本約 3,600 元；但若田間無自來水管線經過，自來水新設管線費用每 100 m 約需 10–20 萬元，在 100 m 內有自來水管線可搭管，可考慮直接使用自來水灌溉，其搭管分攤成本與前述設備化學混凝法、氧化沉澱法分攤成本相當，但有水資源利用爭議。各項處理方法之效率、優缺點與效益比較如表 3 所示。

結論

本研究評估對於地下水簡易除砷方法，目前以化學混凝法、氧化沉澱法較有使用效益，地下水中砷去除率可達 90% 以上，依地下水砷濃度與處理方法差異約需 1–30 d，但成本仍高，且需提供反應的儲水設備空間，故僅以提供設施栽培或滴灌栽培等少量用水農法較為可行。

誌謝

本研究承蒙行政院農業委員會經費補助

表 3. 各種砷移除方法比較。

Table 3. Comparison on the efficiencies of different methods to remove arsenic.

Method	Removal efficiency	Storage	Equipment/ Reagent	Waste (Mg $season^{-1}$)	Cost[z] (NTD 0.1 ha^{-1} $season^{-1}$)	Defect	Advantage
Ion-exchange resin	< 30%	No	Anion resin	> 3	0.9–1.2 million	High cost	Fast
Adsorption	< 50%	No	Activated carbon	> 4	0.3–0.8 million	High cost	Fast
Chemical coagulation	50–90%	Need	$FeCl_3$ ($NaClO$, H_2O_2)	0.02–0.04 (without filter)	≒ 10,000	Long time reaction	Easy, low cost
Electrical coagulation	20–99%	Need	Iron rods (board) /DC transformer	0.02–0.08 (without filter)	10,000–20,000	Dangerous for high power supply	Fast, low cost
Oxidation precipitation	20–90%	Need	No	0.02–0.03 (without filter)	≒ 8,000	Long time	Easy, low cost, low waste
Tap water	No	No	No	No	≒ 3,600 (connecting pipe, 0.1–0.2 million NTD 100 m^{-1})	Controversial of water using	Lowest cost, no waste

[z] The cost is the estimation of 300 Mg 0.1 ha^{-1} $season^{-1}$ water for upland cropping. The storage tower is 50 Mg and cost is about 300,000 NTD, 20 years (40 seasons) depreciation.

(101 農科-1.1.2-農-C3) 及本所分析中心協助地下水中砷含量分析，僅此致謝。

引用文獻

Agriculture and Food Agency. 2016. Cost of paddy production. http://www.afa.gov.tw (visit on 3/5/2016)

Bruce, A. M. and G. Sabine. 1997. Adsorption stability of arsenic (III) at the clay mineral-water interface. J. Environ. Sci. Technol. 31:2005–2011.

Chaney, R. L. 1980. Health risks associated with toxic metals in municipal sludge. p.59–83. *in*: Sludge-Health Risks of Land Application. (Bitton, G., B. L. Damron, G. T. Edds, and J. M. Davidson, eds.) Ann Arbor Sci. Pub. Ann Arbor, MI. 367 pp.

Chen, C. L., C. Y. Liao, P. T. Liao, and H. Y. Guo. 2014. Distribution of arsenic of groundwater in Taiwan central and southern agricultural and comparing arsenic removal method. p.A3–31 *in*: Proceeding of 8st Groundwater Resources and Water Quality Protection and the 2014 Cross-Strait Seminar Groundwater and Hydrogeological Application Seminar. November 17–18, 2014. Tainan, Taiwan. National Cheng Kung University. Tainan, Taiwan. (in Chinese)

Chen, W. F., H. Y. Lu, and T. K. Liu. 2010. The redox condition and arsenic concentration in groundwater of Taiwan. J. Taiwan Agric. Eng. 56:57–70. (in Chinese with English abstract)

Environmental Analysis Laboratory. 2000. Water Conductivity Measurement Method- Conductive Meter Method. NIEA W203.51B. Environmental Analysis Laboratory. Taoyuan, Taiwan. 5 pp. (in Chinese)

Environmental Analysis Laboratory. 2008. Determination of Hydrogen Ion Concentration Index of Water (pH Value)- Electrode Method. NIEA W424.52A. Environmental Analysis Laboratory. Taoyuan, Taiwan. 7 pp. (in Chinese)

Environmental Analysis Laboratory. 2009. Metal and Trace Elements in Water Detection Method- ICP-MS. NIEA W313.52B. Environmental Analysis Laboratory. Taoyuan, Taiwan. 21 pp. (in Chinese)

Environmental Analysis Laboratory. 2013. Water Extraction Element Digestion- Microwave Assisted Acid Digestion. NIEA W312.51C. Environmental Analysis Laboratory. Taoyuan, Taiwan. 13 pp. (in Chinese)

Environmental Analysis Laboratory. 2014. Metal and Trace Elements in Water Detection Method- ICP-AES. NIEA W311.53C. Environmental Analysis Laboratory. Taoyuan, Taiwan. 22 pp. (in Chinese)

Fendorf, S., H. A. Michael, and A. van Geen. 2010. Spatial and temporal variations of groundwater arsenic in South and Southeast Asia. Science 328:1123–1127.

Fu, Y. R., M. L. Chen, X. Y. Bi, Y. S. He, L. M. Ren, W. Xiang, S. Y. Qiao, S. Yan, Z. G. Li, and Z. D. Ma. 2011. Occurrence of arsenic in brown rice and its relationship to soil properties from Hainan Island, China. Environ. Pollut. 159:1757–1762.

Hansen, H. K. and P. N. R. Grandon. 2006. Electrocoagulation as a remediation tool for wastewaters containing arsenic. Miner. Eng. 19:521–524.

Hering, J. G., P. Y. Chen, J. A. Wilkie, and M. Elimelech. 1997. Arsenic removal from drinking water during coagulation. J. Environ. Eng. 123:800–807.

Höll, W. H. 2010. Mechanisms of arsenic removal from water. Environ. Geochem. Health 32:287–290.

Iqbal, J., H. J. Kim, J. S. Yang, K. Baek, and J. W. Yang. 2007. Removal of arsenic from groundwater by micellar-enhanced ultrafiltration (MEUF). Chemosphere 66:970–976.

Kim, J. and M. M. Benjamin. 2004. Modeling a novel ion exchange process for arsenic and nitrate removal. Water Res. 38:2053–2062.

Kumar, P. R., S. Chaudhari, K. C. Khilar, and S. P. Mahajan. 2004. Removal of arsenic from water by electrocoagulation. Chemosphere 55:1245–1252.

Lin, T. F. 1999. Development of Simple Removal Arsenic Method of Groundwater for Drinking- Final Report. EPA-88-J1-02-03-403. Environmental Protection Administration. Taipei, Taiwan. 216 pp. (in Chinese)

Malik, A. H., Z. M. Khan, Q. Mahmood, S. Nasreen, and Z. A. Bhatti. 2009. Perspectives of low cost arsenic remediation of drinking water in Pakistan and other countries. J. Hazard. Mater. 168:1–12.

Meharg, A. A. and M. M. Rahman. 2003. Arsenic contamination of Bangladesh paddy field soils: Implications for rice contribution to arsenic consumption. Environ. Sci. Technol. 37:229–234.

Mohan, D. and C. U. Pittman, Jr. 2007. Arsenic removal from water/wastewater using adsorbents- A critical review. J. Hazard. Mater. 142:1–53.

Roychowdhury, T., T. Uchino, H. Tokunaga, and M. Ando. 2002. Survey of arsenic in food composites from an arsenic-ffected area of West Bengal, India. Food Chem. Toxicol. 40:1611–1621.

Singh, R., S. Singh, P. Parihar, V. P. Singh, and S. M. Prasad. 2015. Arsenic contamination, consequences and remediation techniques: A review. Ecotoxicol. Environ. Saf. 112:247–270.

Smedley, P. L. and D. G. Kinniburgh. 2002. A review of the source, behavior and distribution of arsenic in natural waters. Appl. Geochem. 17:517–568.

Sohel, N., L. A. Persson, M. Rahman, P. K. Streatfield, M. Yunus, E. C. Ekstrom, and M. Vahter. 2009. Arsenic in drinking water and adult mortality a population-based cohort study in rural Bangladesh. Epidemiology 20:824–830.

Williams, P. N., M. R. Islam, E. E. Adomako, A. Raab, S. A. Hossain, Y. G. Zhu, and A. A. Meharg. 2006. Increase in rice grain arsenic for regions of Bangladesh irrigating paddies with elevated arsenic in groundwater. Environ. Sci. Technol. 40:4903–4908.

Comparison on Various Methods to Remove Arsenic in Groundwater

Chong-Yi Liao[1], Pei-Tzu Liao[1], and Chi-Ling Chen[2,*]

Abstract

Liao, C. Y., P. T. Liao, and C. L. Chen. 2016. Comparison on various methods to remove arsenic in groundwater. J. Taiwan Agric. Res. 65(4):420–429.

Groundwater is one of water resources for agricultural irrigation in Taiwan. However, the arsenic (As) content is higher than the As criteria of irrigation water (0.05 mg L^{-1}) in some locations. The objective of the study is to find out a better removal method to diminish As concentration in groundwater. The lab-scale tests were attempted to compare the effectiveness of different methods such as chemical coagulation, ion-exchange, electro-coagulation, absorption, and oxidation precipitation. Some removal tests based on the lab data were conducted with 2 Mg volume groundwater at field experiments. The results revealed that the ferric chemical coagulation and oxidation precipitation method had higher efficiency in field studies. It required 1–30 d to the whole course of treatment based on different methods. The storage facilities are necessary for field application so that these methods are suitable for greenhouse or drip irrigation.

Key words: Groundwater, Arsenic, Ferric chemical coagulation, Oxidation precipitation.

Received: December 29, 2015; Accepted: April 1, 2016.

* Corresponding author, e-mail: chiling@tari.gov.tw

1 Research Assistants, Agricultural Chemistry Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

2 Research Fellow, Agricultural Chemistry Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 65(4):430–438 (2016)
DOI: 10.6156/JTAR/2016.06504.08

研究報告

水稻紫黑米新品種「台農秈糯 24 號」之育成

廖大經 [1,*]　陳隆澤 [2]

摘要

廖大經、陳隆澤。2016。水稻紫黑米新品種「台農秈糯 24 號」之育成。台灣農業研究 65(4):430–438。

「台農秈糯 24 號」('Tainung Sen Glutinous 24'; 'TNGSG 24') 係行政院農業委員會農業試驗所嘉義農業試驗分所於 1990 年以品系台秈糯育 744 號為母本，與泰國引進之「秈黑糯」品種進行雜交選育而成，2011 年命名為「台農秈糯 24 號」並提出申請植物品種權，2013 年正式取得植物品種權。本品種為秈型糯稻，其糙米外觀呈深紫黑色，對稻熱病抗性不穩定，對褐飛蝨為中抗級。生育日數第 1 期作為 135 d，第 2 期作為 110 d，屬中晚熟品種；單位面積產量第 1 期作為 5,455 kg ha^{-1}，第 2 期作為 4,600 kg ha^{-1}，分別比對照品種「台中秈糯 1 號」減產11.2% 及增產15.0%；糙米率及完整米率均略低於對照品種「台中秈糯 1 號」與「台秈糯 2 號」，食味品質則與兩對照品種相近。富含維生素、礦物質元素、葉酸與總多元酚等營養及抗氧化成分，清除自由基 DPPH 之抗氧化能力是對照品種「台農秈糯 21 號」的 11.4 倍。本品種屬於有色稻米，未來可做為養生保健食品及各種米食加工等多元化利用之品種。

關鍵詞：水稻、紫黑米、糯稻、機能性成分、抗氧化物質。

前言

水稻是台灣栽培面積最廣的主要糧食作物，據官方資料統計，2014 年台灣水稻第 1 及第 2 期作種植面積合計為 271,051 ha，占當年總耕作面積之 33.9%。然而由於國人飲食習慣的改變，每人每年稻米消費量已從 1991 年的 62.5 kg，逐年下降到 2013 年的 45 kg，20 餘年間減少了近 3 成的消費量 (Agriculture and Food Agency 2014)。另一方面，台灣於 2002 年加入世界貿易組織 (World Trade Organization; WTO)，在貿易全球化的影響下，國內稻米產業勢必面臨內需減少及開放國外稻米進口的雙重挑戰，將對於從事稻米產業的相關人員將帶來極大壓力。因此，目前水稻之育種目標，亦應隨著生產條件及消費需求的改變而有所調整。隨著時代演進與經濟發展，現代人普遍追求由日常食物攝取中達到保健養生的效果。保健食品在台灣的市場規模，2014 年達到新台幣 1,149 億元 (Ministry of Economic Affairs, R.O.C. 2015)，顯見其龐大的商機，因此開發具保健機能的稻米品種，是一項頗具前景與發展潛力的目標。

紫黑米一般認為主要是由於色素沉積於果皮或種皮上所致 (Chaudhary 2003; Shih *et al*. 2004; Zhang *et al*. 2006; Ikegami *et al*. 2008; Miki *et al*. 2009; Ma & Ren 2010)，然而 Han *et al*. (2006) 研究指出，黑米色素僅在果皮中合成及沉積，而在種皮及糊粉層則未觀察到。黑米色素主要成分是花青素，係由類黃酮代謝所衍生之多酚類化合物。花青素具有強效抗氧化及抗發炎等機能性功能 (Tsuda *et al*. 1996; Hu *et al*. 2003)，有鑑於此，行政院農業委員會農業試驗所嘉義農業試驗分所 (以下簡稱嘉義分所) 早於 1990 年即以高產良質之品系台

投稿日期：2016 年 1 月 15 日；接受日期：2016 年 5 月 3 日。
* 通訊作者：djliao@dns.caes.gov.tw
1 農委會農業試驗所嘉義農業試驗分所農藝系助理研究員。台灣 嘉義市。
2 農委會農業試驗所嘉義農業試驗分所農藝系前研究員。台灣 嘉義市。

秈糯育 744 號為母本，與泰國引進之「秈黑糯」品種進行雜交，選育品質與產量兼具且對主要病蟲害等逆境具有抗 (耐) 性之紫黑糯新品種，以取代現有產量低、品質不一、株型欠佳及對病蟲害不具抗性之原生品種，並可提供養生保健食品及各種米食加工等原料利用，以增加農民收益及迎合消費市場需求。

材料與方法

親本材料及譜系

「台農秈糯 24 號」之親本譜系如圖 1 所示，母本為台秈糯育 744 號，即高雄區農業改良場於 1994 年命名之「台秈糯 2 號」(‘Tai Sen Glutinous 2’; ‘TSG 2’) 品種，具有早熟、高產及米質優良等特性，惟具有倒伏性及對於白葉枯病與褐飛蝨抗性不穩定等缺點；父本為前農委會農糧處黃正華處長自泰國引進之「秈黑糯」品種，具早熟特性，植株矮，產量低，糙米外觀色澤不均勻，耐寒性欠佳。

選育方法及育成經過

1990 年第 2 期作以台秈糯育 744 號為母本，與「秈黑糯」為父本進行雜交，獲得 25 粒 F_1 種子，1991 年第 1 期作將 F_1 植株種植於網室，第 2 期作繁殖 F_2 世代集團約 1,500 株，單本植，於本田就農藝性狀等進行選拔。獲選稻株再於室內就糙米色澤進行淘選，選出糙米顏色較佳 (色澤黑紫色且分布均勻) 者 14 單株成立 F_3 系統，F_3 至 F_{19} 世代以譜系法進行培育與選拔。1992 年第 1 期作從 F_3 世代選出 14 單株成為 F_4 系統，1997 年第 2 期作選出 4 個系統 (F_{14})，2000 年第 1 期作由 3 個 F_{19} 系統中選出品系嘉農秈糯育 892233 號並於第 2 期作進入初級產量比較試驗。2001 年進行中級產量比較試驗，同時進行抗稻熱病與褐飛蝨檢定，但是鑑於當時政策而未參與區域試驗。2002–2011 年除了進行品系繁殖及純化之外，並連續在 2009、2010 及 2011 年進行農藝性狀、產量構成要素、稻米品質及植物品種權性狀等調查，2011 年命名為「台農秈糯 24 號」並提出申請植物品種權，2013 年 9 月 3 日通過審查正式取得植物品種權 (品種權字第 A01461 號)，育種過程詳如表 1。

稻穀產量比較試驗

稻穀初級與中級產量比較試驗於 2000–2001 年在嘉義分所水稻試驗田進行，田間採順序排列，單本植，5 行區，每行 20 株，行株距 30 cm × 15 cm。田區肥料管理，氮素施用量 120 kg ha^{-1}，以基肥、2 次追肥及穗肥分 4 次施用；過磷酸鈣施用量 72 kg ha^{-1}，以基肥 1 次施用；氯化鉀施用量 48 kg ha^{-1}，以基肥及穗肥分 2 次施用。

稻米品質分析

稻米品質分析係於 2009–2010 年委託台中區農業改良場進行，檢定項目包含代表碾米品質之水分含量、糙米率及完整米率；代表烹調食用品質之膠化溫度 [Alkali test (1.7% KOH)]、凝膠展延性 (以 0.2 N 之 KOH 溶液加熱溶解白米粉末後冷卻測定其凝膠展延性)、直鏈澱粉 (quantitative amylose determination) 及蛋白質含量 (Semimicro-Kjeldahl method) 等。

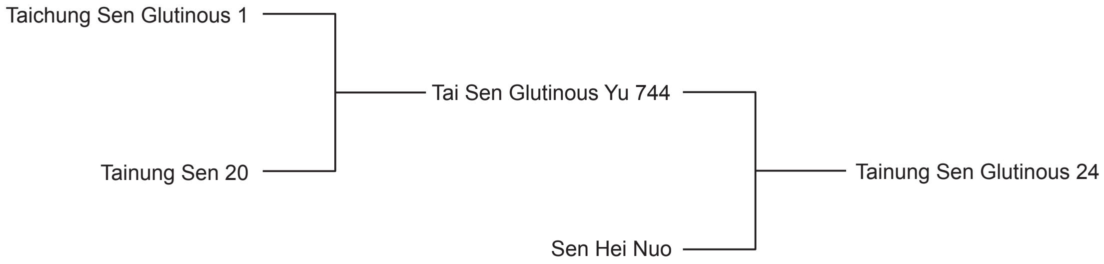

圖 1. 「台農秈糯 24 號」之譜系。
Fig. 1. Pedigree of rice variety ‘Tainung Sen Glutinous 24’.

表 1. 「台農秈糯 24 號」之選育過程。

Table 1. Procedures for breeding of the rice variety ‘Tainung Sen Glutinous 24’.

Year/Crop season	Description
1990 2nd	Hybridization: Tai Sen Glutinous Yu 744 × ‘Sen Hei Nuo’
1991 1st	F_1: 25 plants, single seedling
1991 2nd	F_2: 1500 plants, single seedling
1992 1st	F_3: 1500 plants, single seedling, evaluation of grain appearance
1992 2nd	F_4: 14 strains, evaluation of grain appearance
1993 1st	F_5: 12 strains, evaluation of grain appearance
1993 2nd	F_6: 9 strains, evaluation of grain appearance
1994 1st	F_7: 8 strains, evaluation of grain appearance
1994 2nd	F_8: 7 strains, evaluation of grain appearance
1995 1st	F_9: 6 strains, evaluation of grain appearance
1995 2nd	F_{10}: 4 strains, evaluation of grain appearance
1996 1st	F_{11}: 4 strains, evaluation of grain appearance
1996 2nd	F_{12}: 3 strains, evaluation of grain appearance
1997 1st	F_{13}: 2 strains, evaluation of grain appearance
1997 2nd	F_{14}: 4 lines, evaluation of grain appearance
1998 1st–1999 2nd	F_{15}–F_{18}: purity trial
2000 1st	F_{19}: 2 lines, evaluation of grain appearance
2000 2nd	F_{20}: Chianung Yu 892233, preliminary yield trial
2001 1st	F_{21}: Chianung Yu 892233, intermediate yield trial
2001 2nd	F_{22}: Chianung Yu 892233, intermediate yield trial
2002 1st–2011 1st	F_{23}–F_{41}: purity trial
2011 2nd	F42: Naming of new variety ‘Tainung Sen Glutinous 24’, applied for plant variety right

生物性逆境抗性檢定

生物性逆境抗性檢定，包括葉稻熱病及褐飛蝨檢定等項目，均於 2000–2001 年在嘉義分所進行。

稻熱病檢定：於旱田式病圃進行檢定，檢定田區採順序排列，以條播種植，每品系播種 1 行，2 重複，行長 50 cm，行距 10 cm，播種量每行 5 g 種子。每間隔 10 行種 1 行感病品種 ‘Lomello’ 及中間夾播 1 行抗病品種「台農 70 號」，以資作為病圃整體罹病程度之參考指標，周圍邊行亦全部播種 ‘Lomello’ 作為感病源。調查方式及標準係依照國際稻米研究所 (International Rice Research Institute; IRRI) 所訂定之葉稻熱病評估標準進行 (IRRI 2002)。

褐飛蝨檢定：將 3 葉齡秧苗置於溫室檢定槽，再將人工繁殖之褐飛蝨若蟲 (2–3 齡) 釋放於秧苗中，釋放密度為每株秧苗 2–3 隻，待感蟲品種「台中在來 1 號」枯萎時開始調查；調查方式及標準係依照 IRRI 所訂定之評估標準進行 (IRRI 2002)。

一般成分與機能性成分分析

機能性成分分析係於 2014 年委託財團法人食品工業發展研究所進行，分析樣本為 2013 年第 2 期作稻穀各 2 kg。分析項目包含一般成分，如灰分 (CNS 5034)、粗脂肪 (CNS 5036 §2.3)、粗蛋白質 (CNS 5035) 及粗纖維 (CNS 5037) 等；機能性成分，如鈉、鉀、鈣、鎂、鐵、鋅、錳 (以上元素分析方法均為 CNS 12869)、磷 (ICP-OES)、氯 (AOAC 986.26) 及銅 (重金屬檢驗方法總則) 等元素；

維生素 A (HPLC 法)、D、K (以上元素分析方法均為 AOAC 2002.05)、E (CNS 12724) 及葉酸 (AOAC 944.12)；抗氧化成分之總多元酚含量 (Folin 呈色法) 與清除 DPPH 自由基能力 (化學呈色法) 等。「台農秈糯 24 號」所含花青素種類及含量，則係委託行政院農業委員會農業試驗所生物技術組以 HPLC 法進行分析。

對照品種

「台農秈糯 24 號」之植株形態調查以親本「台秈糯 2 號」作為對照品種；農藝特性與米質特性調查以親本「台秈糯 2 號」及大面積種植、高產且抗病蟲害的推廣品種「台中秈糯 1 號」(‘Taichung Sen Glutinous 1’; ‘TCSG 1’) 作為對照；生物性逆境抗性檢定以「台中秈糯 1 號」作為對照；一般及機能性成分分析則以農業試驗所育成之白米推廣品種「台農秈糯 21 號」(‘Tainung Sen Glutinous 21’; ‘TNGSG 21’) 作為對照品種。

統計分析

在植株形態特性方面，以 *t*-test 比較莖徑與莖長的差異顯著性；農藝性狀如株高、穗數、一穗粒數、稔實率及千粒重等，先以變方分析 (analysis of variance; ANOVA) 進行品種平均值間的差異顯著性檢測。若 ANOVA 呈現顯著差異，則以最小顯著性差異測驗 (Fisher's least significant difference; LSD) 進行多重比較 (multiple comparison)，以進一步瞭解各別品種平均值間是否有差異。以上統計分析工作均以程式語言 ‘R’ (3.2.3 版) 撰寫執行完成。

結果

植株形態特性

「台農秈糯 24 號」與對照品種「台秈糯 2 號」之植株形態特性比較結果如表 2 所示，「台農秈糯 24 號」之葉片綠色濃度中等，「台秈糯 2 號」為淡；生育後期劍葉形態，「台農秈糯 24 號」為直立，「台秈糯 2 號」為斜立；「台農秈糯 24 號」之平均莖徑為 5.85 mm 與「台秈糯 2 號」無顯著差異；「台農秈糯 24 號」平均莖長為 93.0 cm 則與「台秈糯 2 號」有極顯著差異；「台農秈糯 24 號」有極短穗芒，「台秈糯 2 號」則無穗芒；穀粒外穎顏色，「台農秈糯 24 號」為褐色，「台秈糯 2 號」為金黃色；至於糙米顏色，「台農秈糯 24 號」為深紫黑色，「台秈糯 2 號」則為白色；在胚乳特性方面，「台農秈糯 24 號」與「台秈糯 2 號」均為糯性。

農藝性狀、產量構成要素與單位面積產量

「台農秈糯 24 號」與兩對照品種「台秈糯 2 號」及「台中秈糯 1 號」之農藝性狀、產量構成要素及單位面積產量調查如表 3 所示。在農藝性狀方面，「台農秈糯 24 號」分別與「台秈糯 2 號」及「台中秈糯 1 號」比較，全生育日數在第 1 期作分別晚熟 5 d 與 1 d，第 2 期作則分別晚熟 5 d 與 6 d；株高在兩個期作中與對照品種均有顯著差異，第 1 期作分別平均高 15.7 cm 與 18.1 cm，第 2 期作則分別平均高 5.5 cm 與 5.4 cm。在產量構成要素方面，穗數在第 1 期作與「台秈糯 2 號」有顯著差異，平均少 1.4 穗，第 2 期作則與「台中秈糯 1 號」

表 2. 「台農秈糯 24 號」之植株形態特性。

Table 2. Plant morphological characteristics of ‘Tainung Sen Glutinous 24’.

	Leaf	Flag leaf	Stem		Panicle				
Variety[z]	Intensity of green color	Attitude of blade (late observation)	Thickness (mm)	Length (cm)	Awn	Length of longest awn	Lemma color	Decorticated grain color	Endosperm type
TNGSG24	Medium	Erect	5.85 ± 0.47	93.0 ± 4.2**	Present	Very short	Brown	Dark/ purple black	Glutinous
TSG2	Light	Semi-erect	5.66 ± 0.44	76.8 ± 5.1	Absent	-	Gold	White	Glutinous

[z] TNGSG24: ‘Tainung Sen Glutinous 24’; TSG2: ‘Tai Sen Glutinous 2’.

** Significant at 1% level.

表 3. 「台農秈糯 24 號」之農藝特性。

Table 3. Agronomic characteristics of 'Tainung Sen Glutinous 24'.

Variety[z]	Growth duration (d)	Plant height (cm)	Panicle number	Spikelet/panicle	Seed set (%)	1,000-grain weight (g)	Yield (kg ha^{-1})
1st crop season							
TNGSG24	135	113.6 ± 4.3 a[y]	15.9 ± 2.8 b	150.7 ± 25.0 c	89.5 ± 6.2 a	24.6 ± 0.9 a	5,455
TSG2	130	97.9 ± 5.5 b	17.3 ± 3.6 a	160.7 ± 38.1 b	85.8 ± 6.2 c	22.0 ± 0.4 b	-
TCSG1	134	95.5 ± 9.2 b	15.1 ± 3.3 b	169.0 ± 39.8 a	87.3 ± 8.4 b	14.2 ± 0.3 c	6,144
2nd crop season							
TNGSG24	110	107.8 ± 12.7 a	15.0 ± 3.3 a	131.5 ± 23.0 c	91.6 ± 5.8 a	24.7 ± 0.6 a	4,600
TSG2	105	102.3 ± 11.4 b	14.7 ± 3.6 ab	156.2 ± 41.1 a	91.6 ± 7.1 a	21.0 ± 1.0 b	-
TCSG1	104	102.4 ± 12.3 b	13.5 ± 3.5 b	148.3 ± 30.1 b	79.6 ± 16.0 b	13.6 ± 0.6 c	4,000

[z] TNGSG24: 'Tainung Sen Glutinous 24'; TSG2: 'Tai Sen Glutinous 2'; TCSG1: 'Taichung Sen Glutinous 1'.
[y] Means within each the column followed by the different letter(s) are significantly different at $P < 0.05$ by Fisher's protected LSD test. Percentage data were arcsine-square-root transformed prior analysis.

有顯著差異，平均多 1.5 穗；一穗粒數在兩個期作中與對照品種均有顯著差異，第 1 期作分別平均少 10 粒與 18.3 粒，第 2 期作則分別平均少 24.7 粒與 16.8 粒；稔實率在第 1 期作分別平均高 3.7% 與 2.2%，第 2 期作則與「台中秈糯 1 號」有顯著差異，平均高 12%；千粒重在兩個期作中與對照品種均有顯著差異，第 1 期作分別平均多 2.6 g 與 10.4 g，第 2 期則分別平均多 3.7 g 與 11.1 g。在單位面積產量方面，「台農秈糯 24 號」在第 1 期作平均為 5,455 kg ha^{-1}，較「台中秈糯 1 號」平均減少 689 kg ha^{-1}，第 2 期作平均為 4,600 kg ha^{-1}，較「台中秈糯 1 號」平均增加 600 kg ha^{-1}。

稻米品質分析

「台農秈糯 24 號」與兩對照品種「台秈糯 2 號」及「台中秈糯 1 號」之稻米品質分析結果，如表 4 所示。在碾米品質方面，「台農秈糯 24 號」之糙米率及完整米率在第 1、2 期作均低於對照品種。在米粒外觀方面，「台農秈糯 24 號」與兩對照品種之粒形 (糙米長寬比) 均相當接近。在烹調及食用品質方面，「台農秈糯 24

表 4. 「台農秈糯 24 號」之米質特性。

Table 4. Grain quality characteristics of 'Tainung Sen Glutinous 24'.

Variety[z]	Milling quality			Grain appearance		Cooking and eating quality			
	Moisture (%)	Brown rice (%)	Head rice (%)	Brown rice length (mm)	Brown rice width (mm)	Gelatinization Temperature[y]	Amylose content (%)	Protein content (%)	Gel consistency (mm)[x]
1st crop season									
TNGSG24	13.00	75.68	58.16	6.21	2.33	I/L	0.95	7.49	100 S
TSG2	11.85	77.72	61.00	5.80	2.26	I/L	0.90	7.57	100 S
TCSG1	12.65	79.76	58.24	6.28	2.48	I/L	0.90	7.55	100 S
2nd crop season									
TNGSG24	13.15	77.24	57.84	6.32	2.15	I/L	0.80	8.20	100 S
TSG2	13.70	79.48	65.16	6.06	2.11	I/L	0.75	8.45	100 S
TCSG1	13.35	81.00	62.40	6.48	2.33	I/L	0.75	8.35	100 S

[z] TNGSG24: 'Tainung Sen Glutinous 24'; TSG2: 'Tai Sen Glutinous 2'; TCSG1: 'Taichung Sen Glutinous 1'.
[y] L: < 70℃; I: 70–74℃; H: > 74℃.
[x] H: 27–35 mm; M: 36–40 mm; S: > 50 mm.

號」與兩對照品種之膠化溫度在兩期作均屬於中低膠化溫度，直鏈澱粉均屬低含量，粗蛋白質含量略低於兩對照品種，凝膠展延性均為軟膠性。

病蟲害抗性檢定

2000 年第 2 期作及 2001 年第 1、2 期作在嘉義分所分別進行秧苗期葉稻熱病及稻飛蝨等病蟲害抗性檢定 (表 5)，其中葉稻熱病抗性檢定結果，「台農秈糯 24 號」之罹病反應分別表現為中抗 (MR)、極感 (HS) 及中感級 (MS) 反應，檢定對照品種「台中秈糯 1 號」則表現為中抗、中抗及中感級反應。在褐飛蝨抗性檢定方面，「台農秈糯 24 號」對褐飛蝨抗性反應分別表現為中抗、中抗及感級 (S)，而對照品種「台中秈糯 1 號」則一致表現為中抗級反應。

一般成分與機能性成分分析

「台農秈糯 24 號」之一般成分含量如表 6 所示，其中粗脂肪與粗蛋白質均高於對照品種「台農秈糯 21 號」，灰分及粗纖維則略低於對照品種；機能性成分含量如表 7 所示，其中鈉、鉀、鈣、鐵、氯、銅、錳等礦物質元素及葉酸含量均高於對照品種「台農秈糯 21 號」，特別是鈉含量為對照品種的 1.8 倍，鈣含量為 1.3 倍，氯含量為 1.4 倍，錳含量為 2.4 倍，葉酸含量為 1.5 倍。另外，在抗氧化能力方面，維生素 E 含量為「台農秈糯 21 號」的 1.4 倍，總多元酚含量為 2.5 倍。清除 DPPH 自由基達到 IC_{50} 時，「台農秈糯 21 號」所需的濃度則為「台農秈糯 24 號」的 11.4 倍。「台農秈糯 24 號」所含花青素種類以矢車菊素 (cyanidin) 及勺藥素 (peonidin) 為主，其含量分別為 3.9794 mg g^{-1} DW 及 0.8795 mg g^{-1} DW。

討論

「台農秈糯 24 號」之糙米外觀顏色呈深紫黑色，其總多元酚含量為 168.07 mg 100 g^{-1}，約為對照品種的 2.5 倍，而「台農秈糯 24 號」之清除 DPPH 自由基能力則是對照品種的 11.4 倍，此與 Itani *et al*. (2002) 比較黑米、紅米與白米間多酚含量與抗氧化能力之差異，發現有色米 (即黑米與紅米) 的多酚含量遠多於白米，

表 5.　「台農秈糯 24 號」之病蟲害抗性檢定。

Table 5. Resistance of 'Tainung Sen Glutinous 24' to disease and insect pests in 2000–2001.

	2000		2001	
Pest	TNGSG24[z]	TCSG1[y]	TNGSG24	TCSG1
1st crop season				
Leaf blast	-	-	HS	MR
Brown planthopper	-	-	MR	MR
2nd crop season				
Leaf blast	MR[x]	MR	MS	MS
Brown planthopper	MR	MR	S	MR

[z] 'Tainung Sen Glutinous 24'.
[y] 'Taichung Sen Glutinous 1'.
[x] R: resistant; MR: moderately resistant; MS: moderately susceptible; S: susceptible; HS: highly susceptible.

表 6.　「台農秈糯 24 號」一般成分分析。

Table 6. Proximate analysis of 'Tainung Sen Glutinous 24'.

Variety[z]	Ash (g $100g^{-1}$)	Crude fat (g $100g^{-1}$)	Crude protein (g $100g^{-1}$)	Crude fiber (g $100g^{-1}$)
TNGSG24	1.20	3.67	9.38	0.83
TNGSG21	1.21	3.56	8.62	1.00

[z] TNGSG24: 'Tainung Sen Glutinous 24'; TNGSG21: 'Tainung Sen Glutinous 21'.

表 7. 「台農秈糯 24 號」機能性成分分析。

Table 7. Functional components of 'Tainung Sen Glutinous 24'.

Functional component	TNGSG24[z]	TNGSG21
Na (mg 100 g^{-1})	0.54	0.30
K (mg 100 g^{-1})	324.9	312.5
Ca (mg 100 g^{-1})	16.06	12.22
Mg (mg 100 g^{-1})	133.8	144.7
Fe (mg 100 g^{-1})	0.95	0.93
Zn (mg 100 g^{-1})	1.94	2.04
P (mg 100 g^{-1})	282.0	294.8
Cl (mg 100 g^{-1})	40.11	29.56
Cu (ppm)	3.42	3.01
Mn (ppm)	59.95	24.97
Vit. E (mg α-TE 100 g^{-1})	0.64	0.47
Folic acid (μg 100 g^{-1})	64.80	41.44
Total polyphenols (mg 100 g^{-1})	168.07	67.21
DPPH Scavenging activity (μg mL^{-1})	1,225.27	13,933.87
Cyanidin (mg g^{-1} DW)	3.9794	-
Peonidin (mg g^{-1} DW)	0.8795	-

[z] TNGSG24: 'Tainung Sen Glutinous 24'; TNGSG21: 'Tainung Sen Glutinous 21'

而抗氧化能力的大小則與多酚含量呈正相關之結果相吻合。顯示「台農秈糯 24 號」作為機能性黑米，利用於養生食品或保健產品的開發上將有相當大的發展潛力。

影響黑米花青素含量多寡的因素，主要為遺傳與環境 (Cai 2003; Sun *et al*. 2006)。在遺傳分析方面，Chen (1995) 指出黑米種皮色素沉積性狀受 1 對顯性基因所控制，而種皮顏色深淺則為數量性狀表現；Wang *et al*. (2011) 以紫香糯品種「龍晴 4 號」為對象，進行遺傳分析顯示紫色種皮性狀係受 1 對主效顯性基因控制，並利用分子標誌輔助育種方法指出該主效基因為 *Ra*(*Pb*) 基因。因此「台農秈糯 24 號」將來亦可進一步利用分子標誌輔助育種，進行提高花青素含量或抗病蟲害等性狀之改良。

環境對於黑米花青素含量的影響，在於抽穗後氣溫的變化。Cai (2001) 將紅米與黑米品種在抽穗後移植至人工氣候室中分別進行高溫及低溫處理，結果顯示紅米在高溫條件下的著色程度較低溫條件為深，黑米則與紅米相反，亦即低溫處理較高溫有助於黑米著色程度加深。Kobayashi *et al*. (2001) 與 Takata *et al*. (2002) 則以不同種植時期的方式，比較抽穗後至成熟期間的平均氣溫對於黑米花青素含量的影響，均得到低溫環境下的花青素含量，大於高溫環境下的結果。台灣水稻種植有兩期作，第 1 期作生育初期氣溫低，生育後期至成熟期之氣溫逐漸升高，第 2 期作則與之相反，初期高溫而後期低溫。所以就溫度影響花青素含量的關係及秈稻品種在生育初期不耐低溫的特性而言，「台農秈糯 24 號」的栽培適期應以第 2 期作較為適當，惟須注意好發於第 2 期作之白葉枯病、紋枯病及稻飛蝨等病蟲害的防治。

由於「台農秈糯 24 號」屬於有色米，為避免與一般白米品種因異品種混雜而影響白米的商品價值，建議應以「稻米產銷專業區」模式進行限地生產，而稻穀收穫與調製亦應有專用設備。水稻是自花授粉作物，發生異花授粉的比率在 1% 以下 (Hoshikawa 1975)，顯示因花粉流布而影響鄰田其他水稻品種純度的風險雖低卻無法完全避免，Tseng *et al*. (2013) 建議種植綠籬作物可有效降低花粉流布的風險。

誌謝

本品種之育成承蒙行政院農業委員會及前台灣省政府農林廳經費挹注，各試驗改良場所稻作先進諸多協助，農業試驗所生技組鄭統隆前副研究員協助分析花青素種類與含量；嘉義分所羅俊欽、廖偉盛及賴佳鴻等同仁之協助調查與資料整理，謹此一併深表謝忱。

引用文獻

Agriculture and Food Agency. 2014. Taiwan Food Statistics Book. Agriculture and Food Agency. Nantou, Taiwan. 96 pp. (in Chinese)

Cai, G. Z. 2001. Effects of different temperature treatments on the coloring of unpolished colorific rice varieties. J. Sichuan Agric. Univ. 19:366–368. (in Chinese with English abstract)

Cai, G. Z. 2003. Influence of applying color the degree of the environment factor to the color rice brown rice. Chinese Agric. Sci. Bull. 19(4):71–74. (in Chinese with English abstract)

Chaudhary, R. C. 2003. Speciality rices of the world: Effect of WTO and IPR on its production trend and marketing. Food Agric. Environ. 1(2):34–41.

Chen, T. W. 1995. Inheritance of dark pigment in pericarp of rice grain. J. Sichuan Agric. Univ. 13:498–505. (in Chinese with English abstract)

Han, L., X. J. Wu, H. Y. Zhang, H. Jiang, Y. Li, and X. D. Wang. 2006. Study on the pigmentation of anthocyanidin in pericarp of black rice. Chinese J. Rice Sci. 20:384–388. (in Chinese with English abstract)

Hoshikawa, K. 1975. The Growing Rice Plant: An Anatomical Monograph. Nosan Gyosan Bunka Kyokai. Tokyo. 317 pp. (in Japanese)

Hu, C., J. Zawistowski, W. Ling, and D. D. Kitts. 2003. Black rice (*Oryza sativa* L. *indica*) pigmented fraction suppresses both reactive oxygen species and nitric oxide in chemical and biological model systems. J. Agric. Food Chem. 51:5271–5277.

Ikegami, M., A. Miyoshi, H. Seko, T. Yonetani, T. Sawada, K. Nishida, and T. Ogawa. 2008. Breeding of a new purple grain rice cultivar 'Hyokei-murasaki 75'. Bull. Hyogo Pre. Tech. Cent. Agric. For. Fish. (Agriculture) 56:6–12. (in Japanese with English abstract)

International Rice Research Institute. 2002. Standard Estimation System for Rice. International Rice Research Institute. Los Baños, Philippines. 56 pp.

Itani, T., H. Tatemoto, M. Okamoto, K. Fujii, and N. Muto. 2002. A comparative study on antioxidative activity and polyphenol content of colored kernel rice. J. Jpn. Soc. Food Sci. 49:540–543. (in Japanese with English abstract)

Kobayashi, A., H. Shimizu, and M. Kuroda. 2001. Effect of mean air temperature during ripening period on pigment contents of dark-purple rice. The Hokuriku Crop Sci. 36:33–35. (in Japanese)

Ma, T. J., and G. X. Ren. 2010. Progress of functional components of color rice researches. Chinese Agric. Sci. Bull. 26(11):61–66. (in Chinese with English abstract)

Miki, H., E. Koh, and A. E. Mitchell. 2009. Influence of cooking on anthocyanins in black rice (*Oryza sativa* L. *japonica* var. SBR). J. Agric. Food Chem. 57:1908–1914.

Ministry of Economic Affairs, R.O.C. 2015. Almanac of Food Industry in the Republic of China on Taiwan. Ministry of Economic Affairs, R.O.C. Taipei, Taiwan. 322 pp. (in Chinese)

Shih, Y. J., T. L. Jeng, T. H. Tseng, and C. S. Wang. 2004. The composition and function of anthocyanins in colored rice. J. Agric. Res. China. 53:221–228. (in Chinese with English abstract)

Sun, M. M., L. Z. Han, K. S. Lee, H. C. Hong, and Y. J. Yu. 2006. Advances in genetic research of grain anthocyanins content in rice. J. Plant Genet. Resour. 7:239–245. (in Chinese with English abstract)

Takata, S., M. Sakata, and A. Iwasaki. 2002. Effect of temperature during ripening period on yield and functional composition in dark purple rice cultivar 'Asamurasaki'. Shikoku J. Crop Sci. 39:22–23. (in Japanese)

Tseng, C. S., Y. R. Lin, C. P. Kuan, M. H. Lai, and M. T. Wu. 2013. Effect of buffer zones on pollen-mediated gene flow of transgenic rice. J. Taiwan Agric. Res. 62:259–267. (in Chinese with English abstract)

Tsuda, T., K. Shiga, K. Ohshima, S. Kawakish, and T. Osawa. 1996. Inhibition of lipid peroxidation and the active oxygen radical scavenging effect of anthocyanin pigments isolated from *Phaseolus vulgaris* L. Biochem. Pharmacol. 52:1033–1039.

Wang, J., J. Yang, J. Yang, F. Fan, J. Zhu, and W. Zhong. 2011. Genotypic identification of the fragrance and purple in high quality sticky rice 'Longqing 4'. Mol. Plant Breed. 9:688–691. (in Chinese with English abstract)

Zhang, M. W., B. J. Guo, R. F. Zhang, J. W. Chi, Z. C. Wei, Z. H. Xu, Y. Zhang, and Z. J. Tang. 2006. Separation, purification and identification of antioxidant compositions in black rice. Sci. Agric. Sin. 39:153–160. (in Chinese with English abstract)

Breeding of a New Indica Purple Rice Variety 'Tainung Sen Glutinous 24'

Dah-Jing Liao[1,*] and Lung-Che Chen[2]

Abstract

Liao, D. J. and L. C. Chen. 2016. Breeding of a new indica purple rice variety 'Tainung Sen Glutinous 24'. J. Taiwan Agric. Res. 65(4):430–438.

'Tainung Sen Glutinous 24' ('TNGSG 24') was crossed between 'Tai Sen Glutinous Yu 744 (TSGY 744)', a female parent, and 'Sen-Hei Nuo', a male parent from Thailand in 1990, at Chiayi Branch Station of Taiwan Agricultural Research Institute (TARI). It was given the name of 'TNGSG 24' and was presented to apply plant variety right in 2011. It was granted the plant variety right certificate in 2013. 'TNGSG 24' is an indica rice. The appearance of brown rice is deep purple. The resistance of rice blast was unstable. The resistance to brown planthopper was ranked as medium. The growing days of the 1st cropping season was about 135 d, and the 2nd cropping season was about 110 d. It belongs to mid-late maturity. The grain yield of 'TNGSG 24' was 5,455 kg ha^{-1} in the 1st cropping season, and was 4,600 kg ha^{-1} in the 2nd cropping season, which was 11.2% lower and 15.0% higher than that of CK, respectively. Brown rice and the rate of head rice are slightly lower than that of CK, but cooking and eating quality are similar to CK. 'TNGSG 24' richly contains vitamin, mineral, folic acid, polyphenol, and some antioxidant ingredients. The antioxidant ability of 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) free radical scavenging for 'TNGSG 24' is 11.4 times higher than that of CK. The variety is a colored rice that could be used for processed products in the future.

Key words: *Oryza sativa* L., Black-purple rice, Glutinous rice, Functional components, Antioxidant.

Received: January 15, 2016; Accepted: May 3, 2016.
* Corresponding author, e-mail: djliao@dns.caes.gov.tw
1 Assistant Research Fellow, Agronomy Department, Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.
2 Former Research Fellow, Agronomy Department, Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 65(4):439–443 (2016)
DOI: 10.6156/JTAR/2016.06504.09 研究簡報

種苗浸漬乳化棕櫚油對神澤氏葉蟎的防除效果

余志儒[1,*] 許北辰[2]

摘要

余志儒、許北辰。2016。種苗浸漬乳化棕櫚油對神澤氏葉蟎的防除效果。台灣農業研究 65(4):439–443。

神澤氏葉蟎 (*Tetranychus kanzawai* Kishida) 是台灣地區蔬果常見的重要害蟲，因體形小不易察覺，可能藉由苗的攜帶進入田或設施內。故有必要在苗定植之前，就將棲息在苗上的害蟲加以防除。本試驗係以浸漬方式，測試乳化棕櫚油對神澤氏葉蟎的防除效果。結果顯示，浸漬 1 s，對卵、幼若蟎及成蟎分別在 2.5、5 及 5 mL L^{-1} 具有 100% 的防除率。而增加浸漬時間至 4 s 並未顯著增加蟎的防除率。因此，如果要應用棕櫚油來防堵苗攜帶神澤氏葉蟎，可用浸漬的方式處理苗，而有效濃度為 5 mL L^{-1}，但經濟有效濃度須再進一步測試，有可能在 2.5–5 mL L^{-1} 之間，且僅浸漬約 1 s 即有效果。

關鍵詞：棕櫚油、神澤葉蟎、浸漬。

蔬果的種植，如果育苗圃與本田非同一處，則在育苗過程中植體上很可能有害蟲棲息，移植時就將害蟲攜帶進如本田內。尤其是體形小不易察覺的害蟲，雖蟲數少，卻常因而造成定植後防治上的極大困擾。因此，有必要在苗定植之前，就將棲息在苗上的害蟲加以防除。

神澤氏葉蟎 (*Tetranychus kanzawai* Kishida) 是台灣地區多種經濟栽培作物的重要害蟲，包括草莓、木瓜、茶樹，茄科的番茄、甜椒、辣椒、茄子等，葫蘆科的甜瓜、胡瓜等蔬果。由於此蟎體形小，感染初期不易察覺，再加上發育快、生殖力強 (Tsai *et al*. 1989; Morishita & Takafuji 1999; Gotoh & Gomi 2003)，若未及時防治，在短時間內即可能形成相當大的族群。苗的攜帶是害蟲管理的漏洞之一，定植前苗的處理必須將棲息在苗上的害蟲完全清除，才有防堵漏洞的意義。Yu & Chen (2009) 比較 3 種植物油對二點葉蟎 (*Tetranychus urticae* Koch) 成蟎的致死效果，以棕櫚油 (palm oil) 的效果最好。Uddin & Sanusi (2013) 在數種植物油中，測得棕櫚油對於豇豆的倉儲害蟲，四紋豆象 [*Callosobruchus maculatus* (F.)] 的成蟲、幼蟲甚至後代都具有抑制效果。由於噴佈的方式，對二點葉蟎與神澤氏葉蟎的卵幾乎無致死效果 (未發表資料)，因此本試驗以棕櫚油做為試材，並以浸漬 (dipping) 的方式進行處理，探討棕櫚油的應用可行性。

本試驗神澤氏葉蟎之飼養，因與飼養二點葉蟎雷同，故延用 Yu & Chen (2009) 所述之方法。即以花豆 (*Phaseolus coccineus* L.) 苗做為寄主植物。測試用豆苗，則僅留 1 片子葉，其餘葉片剪除。受測葉蟎，係自蟲源族群中剪下含葉蟎的豆葉，直接放置在測試用豆苗的葉面上，任其產卵。此後分 3 種方式：(1) 經 24 h 後，僅保留卵，其餘用羊毫小楷毛筆移除。移置於定溫箱中，再經 14 d [自出生發育至成蟲需 9.2–12.2 d (Gotoh & Gomi 2003)] 剪下含有成蟎的葉片放置於另 1 株測試用豆苗葉上。經 4 h 後，每株僅保留成蟎，其餘蟲期

投稿日期：2015 年 12 月 18 日；接受日期：2016 年 1 月 28 日。
* 通訊作者：jzyu@tari.gov.tw
[1] 行政院農業委員會農業試驗所應用動物組副研究員。台灣 台中市。
[2] 行政院農業委員會農業試驗所應用動物組助理研究員。台灣 台中市。

用羊毫小楷毛筆移除。每葉片含 15 隻以上活成蟎供試；(2) 經 5 d 後 [卵期 4.8–5.2 d (Gotoh & Gomi 2003)]，移除成蟎及已孵化的幼蟎，獲得不同日齡的卵，每葉片至少 20 粒卵；(3) 經 4 h 後，剔除蟎卵與成蟲，並移去蟲源的豆葉，即得幼與若蟎混居之受測樣本，每葉片至少 15 隻。由此 3 種方式，分別獲得成蟎、卵、幼與若蟎 3 個不同蟲期之受測樣本。

棕櫚油購自美國 Sigma-Aldrich Co. R & D 級產品。非離子界面活性劑，Span 80、Tween 80，購自日本 Wako Pure Chemical Industries Ltd.。依 Griffin (1949) 的方法取適量之 Span 80、Tween 80，比例約為 1 : 1.46 (V/V)，再依 Yu & Chen (2009) 之方法調製 HLB 值約為 10.8 (Ahmad *et al*. 1996) 的介面活性劑，並與棕櫚油以 1 : 1 (V/V) 混合，經 6,000 rpm 均質攪拌 2 min 後，再加入蒸餾水稀釋成分別含棕櫚油 10、5、2.5、1.25 及 0.625 mL L^{-1} 的乳化液，進行以下 2 個試驗。

試驗 1：用自動攪拌器 (Cimarec® 2, USA) 持續攪拌 10 mL L^{-1} 棕櫚油乳化液，將受測葉蟎及所棲息的豆苗整株浸入，完全淹沒後立即移出，浸漬時間約 1 s。移出後置於定溫箱內。成蟎、幼與若蟎於處理後經 72 h 調查葉片上之葉蟎死亡數；卵則於處理後每日調查孵化蟎數，計調查 10 d。其餘 4 種濃度與浸蒸餾水的對照組皆行相同處理與調查。各處理調查結果依 Abbott (1925) 公式校正防除率，如下：

$$\text{防除率 (\%)} = \frac{100\,(\text{處理組死亡率} - \text{對照組死亡率})}{(1 - \text{對照組死亡率})}$$

試驗 2：採試驗 1 之結果中，各蟲期未達 100% 死亡率之最高濃度，分別進行。浸漬時間分 1、2 及 4 s，由於浸漬 4 s 已有部分受測豆葉的葉緣呈現水浸狀的藥害現象，故以此 3 種浸漬時間進行比較。對照組浸蒸餾水 4 s。調查與死亡率校正方法同試驗 1。

試驗 3：方法與調查皆與試驗 1 相同，只有浸漬液改為乳化棕櫚油用的介面活性劑。

以上於定溫箱中進行的葉蟎飼養及試驗，溫度為 25℃ ± 1℃，相對濕度為 75% ± 10%，光週期為 14 L : 10 D。所有殺蟎試驗皆以蒸餾水為對照組。重複 4 次。

為了防堵神澤氏葉蟎藉由苗的攜帶侵入田區，必須於定植前將之完全防除，所以防除用的資材濃度，應選用能造成 100% 死亡者。由表 1 所示，不同濃度棕櫚油浸漬神澤氏葉蟎 1 s，對卵、幼與若蟎及成蟎分別在 2.5、5 及 5 mL L^{-1} 濃度具有 100% 的致死效果，其餘隨著濃度降低，蟎的死亡率也降低。雖然在 2.5 mL L^{-1} 濃度對幼與若蟎及成蟎有相當高的防除率，分別有 96.5 及 91.8%，但仍不符合要完全殺除的需求，惟其經濟有效濃度可再進一步測試。因此，應用濃度為 5 mL L^{-1}，但可能在 2.5–5 mL L^{-1} 之間。

表 1.　神澤氏葉蟎浸漬乳化棕櫚油 1 s 之死亡率。

Table 1.　Mortality of *Tetranychus kanzawai* dipped with emulsified palm oil for one second.

Palm oil conc. (mL L^{-1})	% Corrected mortality (Mean ± se) (n)		
	Egg	Larva + Nymph	Adult
10	100 (35.5 ± 5.7)	100 (24.3 ± 3.3)	100 (27.9 ± 1.9)
5	100 (23.0 ± 2.5)	100 (25.3 ± 3.9)	100 (25.8 ± 1.8)
2.5	100 (32.5 ± 3.9)	96.5 ± 2.2 (31.3 ± 3.9)	91.8 ± 4.6 (36.0 ± 3.9)
1.25	70.7 ± 1.8 (26.3 ± 0.6)	46.3 ± 7.6 (18.5 ± 2.0)	37.5 ± 6.9 (23.5 ± 5.3)
0.625	46.8 ± 7.4 (31.0 ± 11.8)	36.8 ± 5.5 (20.8 ± 2.4)	12.0 ± 3.1 (25.8 ± 7.9)
Control	(34.8 ± 6.2)	(25.5 ± 4.5)	(46.3 ± 8.8)

如果延長浸漬時間可增高致死率，就可以降低使用濃度，亦即降低成本。然而，由表 2 中的結果顯示，各種蟲期經 1–4 s 的浸漬處理，防除率雖有隨著浸漬時間增加而略有增高，但不同處理之間皆無顯著差異。本試驗用花豆苗，在浸漬 4 s 後會有藥害，故以 4 s 為最長浸漬時間。此結果是否意味增加浸漬時間並未增加蟎的死亡率，仍待商榷，因為如果以更耐藥害的寄主植物測試，或許可藉由延長浸漬時間而降低使用濃度。由本試驗結果，只能說浸漬 4 s 的效果並不顯著優於 1 s。故若用 2.5 mL L^{-1} 的濃度浸漬，浸漬 1 s 即可達到效果。

本試驗用的介面活性劑有殺神澤氏葉蟎效果，以高濃度 10 mL L^{-1} 浸漬處理時，對卵的致死率有 15.0%，但對成蟎與幼、若蟎則分別可達 62.6% 與 63.8%，最低濃度 0.625 mL L^{-1} 處理仍分別有 1.2% 與 3.1% (表 3)。此介面活性劑對二點葉蟎也有致死效果，Yu & Chen (2009) 以噴佈的方式，10 mL L^{-1} 浸漬處理有 56.2% 的致死率，20 mL L^{-1} 時更高達 74.8%。Liu & Stansly (2000) 將 3 種介面活性劑，Cide-Kick、Silwet L-77 及 APSA-80，以 1 g AI L^{-1} 濃度噴佈銀葉粉蝨 (*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring) 若蟲，分別有高達 76.4、99.7 及 87.7% 的致死率。可見介面活性劑在殺蟎或殺蟲效果中可能也有貢獻，但是否與棕櫚油或

表 2. 神澤氏葉蟎以乳化棕櫚油浸漬不同時間之死亡率。

Table 2. Mortality of *Tetranychus kanzawai* dipped with emulsified palm oil for different dipping duration.

Dipping duration (s)	% Corrected mortality (Mean ± se) (n)		
	Egg[z]	Larva + Nymph[z]	Adult[z]
1	69.8 ± 1.7 a[y] (41.5 ± 4.5)	95.6 ± 0.6 a (30.0 ± 3.0)	91.3 ± 1.0 a (25.8 ± 2.9)
2	73.9 ± 1.2 a (44.0 ± 4.6)	96.4 ± 1.4 a (33.8 ± 4.6)	92.8 ± 3.2 a (26.5 ± 3.3)
4	72.1 ± 2.7 a (38.3 ± 4.0)	97.3 ± 0.9 a (29.8 ± 2.0)	94.1 ± 2.4 a (24.5 ± 2.5)
Control[z]	(52.3 ± 6.8)	(32.8 ± 5.9)	(31.0 ± 7.5)
$F/P_{(0.05)}$	1.07/0.3835	0.69/0.5237	0.35/0.7129

[z] Dipped with 1.25 mL L^{-1}, 2.5 mL L^{-1} of emulsified palm oil and water (dipped for 4 s), respectively.
[y] Means within a column followed by the same letter(s) are not significantly different by LSD test at 5% level.

表 3. 神澤氏葉蟎浸漬介面活性劑 1 s 之死亡率。

Table 3. Mortality of *Tetranychus kanzawai* dipped with surfactant for one second.

Surfactant conc.[z] (mL L^{-1})	% Corrected mortality (Mean ± se) (n)		
	Egg	Larva + Nymph	Adult
10	15.5 ± 6.2 (41.5 ± 4.3)	63.8 ± 2.0 (31.0 ± 3.2)	62.6 ± 1.8 (30.3 ± 1.9)
5	1.5 ± 1.5 (46.5 ± 3.3)	47.3 ± 4.4 (35.3 ± 3.0)	44.0 ± 3.3 (40.8 ± 4.8)
2.5	0 (40.3 ± 2.8)	20.1 ± 1.5 (40.8 ± 4.7)	18.1 ± 1.2 (41.5 ± 3.6)
1.25	0.4 ± 0.4 (41.3 ± 3.1)	17.2 ± 5.7 (39.8 ± 2.5)	16.1 ± 1.8 (41.8 ± 5.5)
0.625	0 (44.0 ± 4.6)	3.1 ± 1.8 (33.0 ± 2.8)	1.2 ± 1.0 (44.3 ± 4.1)
Control	(51.5 ± 3.2)	(35.8 ± 4.2)	(39.8 ± 3.4)

[z] The surfactant is a mixture of Span 80 and Tween 80 in the ratio 1 : 1.46 (V/V).

礦物油有協力作用 (synergistic) 甚或相剋作用 (antagonistic)，則有待進一步測試。

Liu & Stansly (1995) 在比較浸漬與噴佈方式對銀葉粉蝨若蟲的致死效果時，由浸漬 2.5–10 mL L^{-1} 的礦物油 (Sunspray, Ultra-Fine Spray oil®) 可達 95.5–99.5% 的致死率，而噴佈方式只有 12.5–57.7% 的結果，認為這兩種處理方式在礦物油的殺蟲效果上有差異。乳化棕櫚油以噴佈的方式不但對神澤氏葉蟎的卵致死率低，對成蟎的效果也不及浸漬的方式 (未發表資料)。另外，參考 Lin *et al*. (2009) 噴佈番荔枝種子的冷壓油對神澤氏葉蟎的致死率，以 10% (V/V) 的 98.3% 最高；以及 Yu & Chen (2009) 以棕櫚油噴佈二點葉蟎的 LC_{90} 為 7.53 mL L^{-1}，可略窺端倪。因此，為了完全防堵苗的攜帶神澤氏葉蟎，應以浸漬的方式處理苗。

引用文獻

Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18:265–267.

Ahmad, K., C. C. Ho, W. K. Fong, and D. Tohi. 1996. Properties of palm oil-in-water emulsions stabilized by nonionic emulsifiers. J. Colloid Interface Sci. 181:1595–1604.

Gotoh, T. and K. Gomi. 2003. Life-history traits of the Kanzawa spider mite *Tetranychus kanzawai* (Acari: Tetranychidae). Appl. Entomol. Zool. 38:7–14.

Griffin, W. C. 1949. Classification of surface-active agents by HLB. J. Soc. Cosmet. Chem. 1:311–326.

Lin, C. Y., D. C. Wu, J. Z. Yu, B. H. Chen, C. L. Wang, and W. H. Ko. 2009. Control of silver leaf whitefly, cotton aphid and Kanzawa spider mite with oil and extracts from seeds of sugar apple. Neotrop. Entomol. 38:531–536.

Liu, T. X. and P. A. Stansly. 1995. Deposition and bioassay of insecticides applied by leaf dip and spray tower against *Bemisia argentifolii* nymphs (Homoptera: Aleyrodidae). Pestic. Sci. 44:317–322.

Liu, T. X. and P. A. Stansly. 2000. Insecticidal activity of surfactants and oils against silver leaf whitefly (*Bemisia argentifolii*) nymphs (Homoptera: Aleyrodidae) on collards and tomato. Pest Manage. Sci. 56:861–866.

Morishita, M. and A. Takafuji. 1999. Life cycle and interplant movement of *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acari: Tetranychidae) between crop hosts and border vegetation in pea-watermelon fields. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 43:129–134.

Tsai, S. M., K. S. Kung, and C. I. Shih. 1989. The effect of temperature on life history and population parameters of Kanzawa spider mite, *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acarina: Tetranychidae), on tea. J. Plant Prot. Bull. 31:119–130.

Uddin, R. O., II and S. A. Sanusi. 2013. Efficacy of olive oil, groundnut oil, soybean oil and palm kernel oil in the control of *Callosobruchus maculatus* (F.) in stored cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). Agrosearch 13(2):67–72.

Yu, J. Z. and B. H. Chen. 2009. Acaricidal efficacy of three vegetable oils on *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). J. Taiwan Agric. Res. 58:136–145. (in Chinese with English abstract)

Seedling Disinfestation of *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acari: Tetranychidae) with Emulsified Palm Oil Dip

Jih-Zu Yu[1,*] and Pei-Chen Hsu[2]

Abstract

Yu, J. Z. and P. C. Hsu. 2016. Seedling disinfestation of *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acari: Tetranychidae) with emulsified palm oil dip. J. Taiwan Agric. Res. 65(4):439–443.

The Kanzawa spider mite (*Tetranychus kanzawai* Kishida) is a popular pest on vegetables in Taiwan. It may invade into field or farming facility through entrainment by seedling. Thus, it is necessary to completely get rid of this insect pest that infests seedlings before planting. In this experiment, a dipping method was conducted to examine the acaricidal efficacy of emulsified palm oil against the Kanzawa spider mite. The results revealed that 100% mortality of egg, larva-nymph and adult reached as they were treated with 2.5, 5, and 5 mL L^{-1}, respectively. However, there was no increase in the mortality when increased the dipping duration up to 4 seconds. Therefore, dipping is a useful method, with effective concentration of 5 mL L^{-1}. However, the cost-effective concentration needs further tests. Its effective concentration may be between 2.5–5 mL L^{-1}, by dipping for 1 second, if palm oil is used for controlling the Kanzawa spider mite on seedling.

Key words: Palm oil, Kanzawa spider mite (*Tetranychus kanzawai*), Dipping.

Received: December 18, 2015; Accepted: January 28, 2016.
* Corresponding author, e-mail: jzyu@tari.gov.tw
1 Associate Research Fellow, Applied Zoology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.
2 Assistant Research Fellow, Applied Zoology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

台 灣 農 業 研 究

(原《中華農業研究》期刊)

第六十五卷 目次

第一期

研究報告

李奇峰	六線長腳螢金花的分類回顧 (鞘翅目：金花蟲科：螢金花蟲亞科)	1
廖大經、陳隆澤、吳志文、鍾嘉綾	水稻 ‘LTH’ 單基因系與 ‘CO 39’ 近同源系對台灣稻熱病菌之反應	8
杜元凱、馮昱維、吳明哲、王熙宇、陳 述、陳涵葳	利用質體參考物質以及多重聚合酶連鎖反應建構基改馬鈴薯之檢測與定量方法	18
賴明信、李長沛、卓緯玄、顏信沐、胡凱康、吳東鴻	應用分子輔助回交選育稉稻多粒數品系之探討	31
黃巧雯、楊宏仁、林靜宜、許淑麗、賴素玉、倪蕙芳	甘藷基腐病菌*Phomopsis destruens*生理特性及防治技術研究	45
林大鈞、林玉鈴、黃巧宜、曾馨儀、曾文彬、陳純葳、王強生	水稻抗白葉枯病突變體SA0423抗性表現數量性狀基因座 (eQTL) 之研究	54
李宜映、陳韋竣、楊舜臣	研發成果之產出分析與加值應用：農業試驗所之案例	70
黃守宏、鄭清煥、陳秋男、吳文哲	台灣水稻褐飛蝨生物小種之調查	84
林素禎、鄭春玉、王朝儀、吳宗哲、陳啟予	稻稈傳播水稻徒長病可能性之探討	92

研究簡報

鄧汀欽、蔡錦慧、寧方俞	台灣山葵上發生的山葵斑駁病毒之鑑定	103

第二期

研究報告

盧慧真、王泰權、黃守宏、陳祈男	五種不同作用機制藥劑於柳橙果實對東方果實蠅防治效果	109
羅惠齡、林楨祐、王三太、陳甘澍、許秀惠、沈再發	花椰菜「台農1號」之育成	117
黃哲倫、劉啟東、廖文昌、賴永昌	淹水處理對甘藷收穫後塊根儲藏品質之影響	128
陳錦桐、鄭吉助、黃健章、石信德	杏鮑菇液體菌種開發之研究	136
洪福良、黃禮棟、姚銘輝	低溫微霧降溫系統運用於開頂溫室之研究	146
連怡鈞、郭介煒、郭素真、林彥蓉、吳永培	運用分子標幟輔助提升耐鹽粳稻之耐旱性	154
董耀仁、黃紹毅	四種蟲害誘導之植物揮發性成分對天敵之誘效評估	173
方信秀、李文立、黃基倬、梁佑慎	不同套袋材料對「玉荷包」荔枝果實著色與農藥殘留之影響	184
陳金枝、張清安、江芬蘭	由火球花所分離之*Nerine latent virus*之血清學及分子生物學鑑定	194
林靜宜、黃巧雯、楊宏仁、蔡佳欣、許淑麗、倪蕙芳	由*Dickeya zeae*引起之水稻細菌性基腐病	207

第三期

專題論述

Elaine A. Backus、林柏安、張宗仁、石憲宗	昆蟲刺探電位圖譜 (EPG)：刺吸式害蟲取食行為鑑定新技術	219
吳繼光、林素禎	叢枝菌根菌分類學：繡球菌門之最新定義	238

研究報告

林楨祐、陳甘澍、黃雅穗、羅惠齡、洪爭坊	中和亞磷酸對洋香瓜白粉病與果實品質之影響	261
蔡佳欣、安寶貞、呂昀陞、陳美德、黃淑苓、洪挺軒	*Pseudomonas viridiflava*引起之番茄髓壞疽病	269

黃晉興、安寶貞	茭白矮化症之發生與防治	278
王俊豪	氣候變遷災害、地區資本與原住民部落農業生產之關聯性	286
賴信順	成蟲飼料添加新尼古丁類與抗生素類殺蟲劑對瓜實蠅 [*Bactrocera cucurbitae* (Coquillett)] (Diptera: Tephritidae) 之毒效測試	296
姚銘輝、洪福良、趙宗明	開頂溫室自動控制系統研發	306
周恩存、王鐘和、鍾仁賜、陳琦玲	經九年水稻玉米輪作下不同施肥管理對土壤氮和磷劃分之影響	313
溫甯翔、郭介煒、郭素真、林彥蓉、吳永培	利用分子標幟輔助導入*Saltol* QTL提升水稻「台稉九號」之耐鹽性	328

第四期

研究報告

陳淑佩、翁振宇、古琇芷	農業試驗所昆蟲標本館盾介殼蟲科 (3)：盾介殼蟲亞科 (半翅目、胸喙亞目、介殼蟲總科：盾介殼蟲科) 標本名錄	349
關政平、林孟逸、吳明哲、陳涵葳	香蕉不同品種對於黃葉病之抗性評估	365
董耀仁、黃紹毅	四種小黃瓜品種對棉蚜 [*Aphis gossypii* (Glover)] 之防禦效果	374
陳威臣、曹進義、夏奇鋸	培植體、植物生長調節劑及光照處理對丹參不定芽誘導之影響	384
黃守宏、王泰權	台灣鳳梨害蟲名錄之修訂	395
王昭月、林大鈞、林鳳琪	利用SSR標誌進行番椒雜交種子純度之檢測	406
廖崇億、廖倍滋、陳琦玲	降低地下水中砷含量之方法比較	420
廖大經、陳隆澤	水稻紫黑米新品種「台農秈糯24號」之育成	430

研究簡報

余志儒、許北辰	種苗浸漬乳化棕櫚油對神澤氏葉蟎的防除效果	439

JOURNAL OF TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH

(Formerly Journal of Agricultural Research of China)

Contents of volume 65

Number 1

Research Articles

Chi-Feng Lee	Redescription of *Monolepta sexlineata* Chûjô, 1938 (Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae)	1
Dah-Jing Liao, Lung-Che Chen, Chih-Wen Wu, and Chia-Lin Chung	Response of Rice Varieties ‘LTH’ Monogenic Lines and ‘CO 39’ Near-Isogenic Lines to Rice Blast	8
Yuan-Kai Tu, Yu-Wei Feng, Min-Tze Wu, Shi-Yu Wang, Shu Chen, and Han-Wei Chen	Development of Detection and Quantification Methods for Transgenic Potato Using Multiplex PCR and Plasmidic Reference Material	18
Ming-Hsing Lai, Charng-Pei Li, Woei-Shyuan Jwo, Hsing-Mu Yen, Kae-Kang Hwu, and Dong-Hong Wu	Study on Development of *Japonica* Breeding Lines Introgressed High Grain Number Gene through Marker-Assisted Backcross Approach	31
Chiao-Wen Huang, Hong-Ren Yang, Ching-Yi Lin, Sui-Li Hsu, Su-Yu Lai, and Hui-Fang Ni	The Study of Physiological Characteristics and Control of *Phomopsis destruens* Causing Foot Rot of Sweet Potato	45
Da-Gin Lin, Yu-Ling Lin, Chiao-Yi Huang, Hsin-Yi Tseng, Wen-Bin Tseng, Chun-Wei Chen, and Chang-Sheng Wang	Study on the Resistance eQTLs in the Rice Bacterial Blight Resistant Mutant, SA0423	54
Yi-Ying Lee, Wei-Chun Chen, and Shen-Chen Yang	Output Analysis of the Research and Development Achievements and Their Value-Added Applications: A Case Study of Taiwan Agricultural Research Institute	70
Shou-Horng Huang, Ching-Huan Cheng, Chiou-Nan Chen, and Wen-Jer Wu	Bioassay of the Biotypes of Brown Planthopper in Taiwan	84
Su-Chen Lin, Chun-Yu Zheng, Chao-Yi Wang, Zong-Zhe Wu, and Chi-Yu Chen	Epidemical Study of *Fusarium fujikuroi* by Rice Straws	92

Short Communication

Ting-Chin Deng, Chin-Hui Tsai, and Fang-Yu Ning	Identification of *Wasabi mottle virus* Infecting Wasabi in Taiwan	103

Number 2

Research Articles

Hui-Zhen Lu, Tai-Chuan Wang, Shou-Horng Huang, and Chi-Nan Chen	The Control Efficacy on Oriental Fruit Fly (*Bactrocera dorsalis*) with Five Insecticides of Different Modes of Action in ‘Liucheng’ Orange [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck cv. Liucheng]	109
Hui-Ling Lo, Chen-Yu Lin, San-Tai Wang, Kan-Shu Chen, Shiow-Huey Hey, and Tsai-Fat Sheen	Characteristics of Cauliflower New Variety ‘Tainung No. 1’	117
Che-Lun Huang, Qi-Dong Liu, Wayne C. Liao, and Yung-Chang Lai	Effects of Flooding Treatments on the Storage Quality of Sweet Potato after Post-Harvest	128

Jin-Tong Chen, Chi-Chu Cheng, Jian-Tan Huang, and Hsin-Der Shih	Preliminary Studies on the Development of Liquid Spawn for *Pleurotus eryngii* (DC.: Fr.) Quěl.	136
Fu-Liang Hong, Li-Duhng Huarng, and Ming-Hwi Yao	A Study on Applying Micro-Fog Chiller Blowing System in the Open Roof Greenhouse	146
I-Chun Lien, Chieh-Wei Kuo, Su-Chen Kuo, Yann-Rong Lin, and Yong-Pei Wu	Increasing Drought Tolerance in a Salt-Tolerant *Japonica* Rice Cultivar Using Marker-Assisted Selection	154
Yaw-Jen Dong and Shaw-Yhi Hwang	Evaluation of the Effectiveness of Four Herbivore-Induced Plant Volatiles on Attracting Natural Enemies	173
Hsin-Hsiu Fang, Wen-Li Lee, Chi-Cho Huang, and Yu-Shen Liang	Effect of Bagging Materials on Pericarp Coloration and Pesticide Residues of ‘Yu-Her-Pao’ Litchi (*Litchi chinensis* Sonn) Fruit	184
Chin-Chih Chen, Chin-An Chang, and Fen-Lang Chiang	Serological and Molecular Identification of *Nerine latent virus* Infecting Blood Lily (*Haemanthus multiflorus* Martyn)	194
Ching-Yi Lin, Chiao-Wen Huang, Hong-Ren Yang, Chia-Hsin Tsai, Sui-Li Hsu, and Hui-Fang Ni	Rice Bacterial Foot Rot Disease Caused by *Dickeya zeae* in Taiwan	207

Number 3

Review Articles

Elaine A. Backus, Po-An Lin, Chung-Jan Chang, and Hsien-Tzung Shih	Electropenetrography: A New Diagnostic Technology for Study of Feeding Behavior of Piercing-Sucking Insects	219
Chi-Guang Wu and Su-Chen Lin	A New Definition for Glomeromycota	238

Research Articles

Chen-Yu Lin, Kan-Shu Chen, Ya-Suie Hwang, Hui-Ling Lo, and Cheng-Fang Hong	Effect of Neutralized Phosphorus Acid on Powdery Mildew and Fruit Quality of Muskmelon (*Cucumis melo* L.) in Greenhouse	261
Chia-Hsin Tsai, Pao-Jen Ann, Yun-Sheng Lu, Mei-De Chen, Shu-Ling Hwang, and Ting-Hsuan Hung	Occurrence of Pith Necrosis of Tomato Caused by *Pseudomonas viridiflava* in Taiwan	269
Jin-Hsing Huang and Pao-Jen Ann	Occurrence and Control of Stunting Disease of Water Bamboo	278
Jiun-Hao Wang	Association among Climate Disaster, Area Capital and Agricultural Production of Indigenous Peoples	286
Hsin-Shun Lai	Lethal Effects of Adult Food Incorporated with Neonicotinoids and Antibiotic Insecticides against the Melon Fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae)	296
Ming-Hwi Yao, Fu-Liang Hong, and Chung-Ming Chao	Development of an Automatic Control System for Open-Roof Greenhouse	306
En-Tsun Chou, Chong-Ho Wang, Ren Shih Chung, and Chi-Ling Chen	Effect of Different Fertilization Managements on the Changes of Soil Nitrogen and Phosphorus Fractions under Rice and Corn Rotation for Nine Years	313
Ning-Hsiang Wen, Chieh-Wei Kuo, Su-Chen Kuo, Yann-Rong Lin, and Yong-Pei Wu	The Introgression of *Saltol* QTL into ‘TK9’ to Increase Salinity Tolerance by Using Marker-Assisted Selection	328

Number 4

Research Articles

Shu-Pei Chen, Jen-Yu Wong, and Hsiu-Chih Ku	A List of Diaspididae in the Insect Collection of Taiwan Agricultural Research Institute (3): Diaspidinae (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea: Diaspididae)	349
Cheng-Ping Kuan, Meng-Yi Lin, Min-Tze Wu, and Han-Wei Chen	Evaluation of Banana Cultivars Resistance to *Fusarium* Wilt Disease	365
Yaw-Jen Dong and Shaw-Yhi Hwang	Defense of Four Cucumber Cultivars to the Cotton Aphid, *Aphis gossypii* (Glover)	374
Uei-Chern Chen, Jhin-Yi Tsao, and Chi-Ni Hsia	Influence of Explant, Plant Growth Regulator and Illumination on Adventitious Shoot Induction of *In Vitro* Cultured *Salvia miltiorrhiza*	384
Shou-Horng Huang and Tai-Chuan Wang	A Revised Checklist of Insects and Mites of Pineapple from Taiwan	395
Jau-Yueh Wang, Da-Gin Lin, and Feng-Chyi Lin	Analysis of Seed Purity for the Bell Pepper (*Capsicum annuum*) Hybrid Using SSR Markers	406
Chong-Yi Liao, Pei-Tzu Liao, and Chi-Ling Chen	Comparison on Various Methods to Remove Arsenic in Groundwater	420
Dah-Jing Liao and Lung-Che Chen	Breeding of a New Indica Purple Rice Variety ‘Tainung Sen Glutinous 24’	430

Short Communication

Jih-Zu Yu and Pei-Chen Hsu	Seedling Disinfestation of *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acari: Tetranychidae) with Emulsified Palm Oil Dip	439

台 灣 農 業 研 究

作者索引

方信秀	184
王三太	117
王俊豪	286
王昭月	406
王泰權	109, 395
王強生	54
王朝儀	92
王熙宇	18
王鐘和	313
古琇芷	349
石信德	136
石憲宗	219
安寶貞	269, 278
江芬蘭	194
余志儒	440
吳文哲	84
吳永培	154, 328
吳志文	8
吳宗哲	92
吳明哲	18, 365
吳東鴻	31
吳繼光	238
呂昀陞	269
李文立	184
李奇峰	1
李宜映	70
李長沛	31
杜元凱	18
沈再發	117
卓緯玄	31
周恩存	313
林大鈞	54, 406
林玉鈴	54
林孟逸	365
林彥蓉	154, 328
林柏安	219
林素禎	92, 238
林楨祐	117, 261
林鳳琪	407
林靜宜	45, 207
姚銘輝	146, 306
洪爭坊	261
洪挺軒	269
洪福良	146, 306
胡凱康	31
倪蕙芳	45, 207
夏奇鈮	384
翁振宇	349
張宗仁	219
張清安	194
曹進義	384
梁佑慎	184
許北辰	439
許秀惠	117
許淑麗	45, 207
連怡鈞	154
郭介煒	154, 328
郭素真	154, 328
陳 述	18
陳甘澍	117, 261
陳金枝	194
陳威臣	384
陳祈男	109
陳秋男	84
陳美德	269

陳韋竣 70
陳純葳 54
陳啟予 92
陳涵葳 18, 365
陳淑佩 349
陳琦玲 313, 420
陳隆澤 8, 430
陳錦桐 136
曾文彬 54
曾馨儀 54
馮昱維 18
黃巧宜 54
黃巧雯 45, 207
黃守宏 84, 109, 395
黃哲倫 128
黃晉興 278
黃健覃 136
黃基倬 184
黃淑苓 269
黃紹毅 173, 374
黃雅穗 261
黃禮棟 146
楊宏仁 45, 207
楊舜臣 70
溫甯翔 328
董耀仁 173, 374
寧方俞 103
廖大經 8, 430
廖文昌 128
廖倍滋 420
廖崇億 420
趙宗明 306
劉啟東 128
蔡佳欣 207, 269
蔡錦慧 103
鄧汀欽 103
鄭吉助 136
鄭春玉 92
鄭清煥 84
盧慧真 109
賴永昌 128
賴明信 31
賴信順 296
賴素玉 45
鍾仁賜 313
鍾嘉綾 8
顏信沐 31
羅惠齡 117, 261
關政平 365

JOURNAL OF TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH

(Formerly Journal of Agricultural Research of China)

Authors Index

Ann, Pao-Jen 269, 278
Backus, Elaine A. 219
Chang, Chin-An 194
Chang, Chung-Jan 219
Chao, Chung-Ming 306
Chen, Chi-Ling 313, 420
Chen, Chi-Nan 109
Chen, Chi-Yu 92
Chen, Chin-Chih 194
Chen, Chiou-Nan 84
Chen, Chun-Wei 54
Chen, Han-Wei 18, 365
Chen, Jin-Tong 136
Chen, Kan-Shu 117, 261
Chen, Lung-Che 8, 430
Chen, Mei-De 269
Chen, Shu 18
Chen, Shu-Pei 349
Chen, Uei-Chern 384
Chen, Wei-Chun 70
Cheng, Chi-Chu 136
Cheng, Ching-Huan 84
Chiang, Fen-Lang 194
Chou, En-Tsun 313
Chung, Chia-Lin 8
Chung, Ren Shih 313
Deng, Ting-Chin 103
Dong, Yaw-Jen 173, 374
Fang, Hsin-Hsiu 184
Feng, Yu-Wei 18
Hey, Shiow-Huey 117
Hong, Cheng-Fang 261
Hong, Fu-Liang 146, 306
Hsia, Chi-Ni 384
Hsu, Pei-Chen 439
Hsu, Sui-Li 45, 207
Huang, Che-Lun 128
Huang, Chi-Cho 184
Huang, Chiao-Wen 45, 207
Huang, Chiao-Yi 54
Huang, Jian-Tan 136
Huang, Jin-Hsing 278
Huang, Shou-Horng 84, 109, 395
Huarng, Li-Duhng 146
Hung, Ting-Hsuan 269
Hwang, Shaw-Yhi 173, 374
Hwang, Shu-Ling 269
Hwang, Ya-Suie 261
Hwu, Kae-Kang 31
Jwo, Woei-Shyuan 31
Ku, Hsiu-Chih 349
Kuan, Cheng-Ping 365
Kuo, Chieh-Wei 154, 328
Kuo, Su-Chen 154, 328
Lai, Hsin-Shun 296
Lai, Ming-Hsing 31
Lai, Su-Yu 45
Lai, Yung-Chang 128
Lee, Chi-Feng 1
Lee, Wen-Li 184
Lee, Yi-Ying 70
Li, Charng-Pei 31

Liang, Yu-Shen 184
Liao, Chong-Yi 420
Liao, Dah-Jing 8, 430
Liao, Pei-Tzu 420
Liao, Wayne C 128
Lien, I-Chun 154
Lin, Chen-Yu 117, 261
Lin, Ching-Yi 45, 207
Lin, Da-Gin 54, 406
Lin, Feng-Chyi 406
Lin, Meng-Yi 365
Lin, Po-An 219
Lin, Su-Chen 92
Lin, Yann-Rong 154, 328
Lin, Yu-Ling 54
Liu, Qi-Dong 128
Lo, Hui-Ling 117, 261
Lu, Hui-Zhen 109
Lu, Yun-Sheng 269
Ni, Hui-Fang 45, 207
Ning, Fang-Yu 103
Sheen, Tsai-Fat 117
Shih, Hsien-Tzung 219
Shih, Hsin-Der 136
Tsai, Chia-Hsin 207, 269
Tsai, Chin-Hui 103
Tsao, Jhin-Yi 384
Tseng, Hsin-Yi 54
Tseng, Wen-Bin 54
Tu, Yuan-Kai 18
Wang, Chang-Sheng 54
Wang, Chao-Yi 92
Wang, Chong-Ho 313
Wang, Jau-Yueh 406
Wang, Jiun-Hao 286
Wang, San-Tai 117
Wang, Shi-Yu 18
Wang, Tai-Chuan 109, 395
Wen, Ning-Hsiang 328
Wong, Jen-Yu 349
Wu, Chi-Guang 238
Wu, Chih-Wen 8
Wu, Dong-Hong 31
Wu, Min-Tze 18, 365
Wu, Wen-Jer 84
Wu, Yong-Pei 154, 328
Wu, Zong-Zhe 92
Yang, Hong-Ren 45, 207
Yang, Shen-Chen 70
Yao, Ming-Hwi 146, 306
Yen, Hsing-Mu 31
Yu, Jih-Zu 439
Zheng, Chun-Yu 92

台 灣 農 業 研 究

關鍵詞索引

RT-PCR檢測 194
十字花科 103
土壤性質 92
大量繁殖 384
小黑花蝽象 173
不可水解氮 313
中和亞磷酸 268
內囊骨片 7
分子輔助回交 31
分子標幟輔助選拔 154, 328
分類學 7
化學混凝法 420
巴拿馬病 365
水楊酸甲酯 173
水稻 31, 54, 84, 92, 154, 207, 328, 430
水稻徒長病菌 92
火球花病毒病 194
半翅目 237
可水解氮 313
台農1號 117
台灣 395
瓜實蠅 296
甘藷 45, 128
甘藷基腐病 45
生物小種 84
白粉病 268
白葉枯病抗性 54
地下水 420
地區資本 286
地域競爭力 286
收穫後儲藏 128
自動控制 306
自然對流 306
血清檢測 194
低溫微霧 146
判別品系 8
即時聚合酶鏈鎖反應 18
抗生素類殺蟲劑 296
抗性基因 84
抗氧化物質 430
抗病基因 8
杏鮑菇 136
防治 278
防禦 375
取食行為 237
夜間照光 278
昆蟲刺探電位圖譜 237
東方果實蠅 109
果實品質分析 109
直接器官形成 384
表現數量性狀基因座 54
金花蟲 7
阿里山 103
非農藥防治 268
品種 374
柑橘 109
洋香瓜 268
玻片標本 364
盾介殼蟲亞科 364
盾介殼蟲科 364
突變體 54
耐旱 154
耐病性 365
耐鹽 154, 328

食用安全	184
香蕉	365
香蕉黃葉病	365
原住民部落	286
套袋	184
害蟲名錄	395
氣候災害	286
氧化沉澱法	420
浸漬	439
病圃	8
病害防治	45
砷	420
神澤葉蟎	439
納麗石蒜潛隱病毒	194
茭白	278
荔枝	184
馬鈴薯	18
基因改造	18
液體菌種	136
淹水處理	128
產量	31, 136
粒數	31
細菌性基腐病	207
棉蚜	374
棕櫚油	439
番茄	269
番茄嵌紋病毒	103
番椒	406
策略布局	70
紫花椰菜	117
紫黑米	430
菸草嵌紋病毒屬	103
開頂溫室	146, 306
間接器官形成	384
塊根品質	128
微氣象	306
新尼古丁類殺蟲劑	296
新品種	117
矮化症	278
跨領域團隊	70
農業試驗所	364
農業議題	70
農藥殘留	184
碳酸氫鈉溶液可萃取磷	313
綜合防治	374
蒸發冷卻	146
誘引劑	173
餌劑	296
鳳梨	395
噴霧系統	146
稻稈	92
褐飛蝨	84
質體參考物質	18
機能性成分	430
檢索表	238
叢枝菌根	238
癒合組織	384
簡單序列重複	406
繡球菌門	238
蟲害誘導之植物揮發性成分	173
轉錄體	54
雜交種子純度	406
藥效試驗	109
藥劑篩選	207, 269
類緣分析	194
糯稻	430
髓壞疽病	269
髓壞疽病菌	269
鹽酸溶液可萃取磷	313

JOURNAL OF TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH

(Formerly Journal of Agricultural Research of China)

Key words Index

Aantibiotic insecticide 305
Agricultural issues 83
Agrochemical screening 217, 277
Alishan 108
Antioxidant 438
Arbuscular mycorrhizal fungi 260
Area capital 295
Arsenic 429
Attractant 183
Automatic control 312
Bactrocera cucurbitae 305
Bactrocera dorsalis 116
Bagging 193
Bait 305
Banana 373
Biotype 91
Black-purple rice 438
Blast nursery 17
Blood lily (*Haemanthus multiflorus* Martyn) 206
Blowing system 153
Brassicaceae 108
Brown planthopper 91
Callus formation 394
Capsicum annuum 419
Checklist of insects and mites 405
Citrus 116
Climate disaster 295
Control 285
Cotton aphid 383
Cucumis melo L. 261
Cultivar 383
Defense 383
Diaspididae 349
Diaspidinae 349
Dichotomous key 260
Differential lines 17
Dipping 443
Directly organogenesis 394
Disease control 53
Drought tolerance 172
Electrical penetration graph (EPG) 219
Endophallic sclerite 1
Evaporative cooling 153
Expression quantitative 69
Feeding behavior 219
Ferric chemical coagulation 429
Flooding treatment 135
Food safety 193
Foot rot disease 53
Fruit quality analysis 116
Functional components 438
Fusarium fujikuroi 102
Fusarium wilt 373
Genetically modified 30
Glomeromycota 260
Glutinous rice 438
Grain number 44
Grain yield 44
Groundwater 429
Hemiptera 219
Herbivore induced plant volatiles 183
Hybrid seed purity 419

Hydrochloric acid extractable phosphorus 327
Hydrolyzable nitrogen 327
Indigenous tribe 295
Indirectly organogenesis 394
Insecticide efficacy 116
Integrated control 383
Interdisciplinary team 83
Kanzawa spider mite (*Tetranychus kanzawai*) 443
King oyster mushroom 145
Leaf beetle 1
Liquid spawn 145
Litchi 193
Magnaporthe oryzae 8, 17
Marker assisted backcross 44
Marker-assisted selection 172, 347
Methyl salicylate 183
Micro-fog chiller 153
Micrometeorology 312
Micropropagation 394
Muskmelon 261
Mutant 69
Natural ventilation 312
Neonicotinoid 305
Nerine latent virus (NeLV) 206
Neutralized phosphorus acid (NPA) 261
New variety 127
Night lighting 285
Non-fungicide control 261
Nonhydrolyzable nitrogen 327
Open-roof greenhouse 153, 312
Orius 183
Oryza sativa 91
Oryza sativa L. 44, 438
Oxidation precipitation 429
Palm oil 443
Panama disease 373
Pesticide residues 193
Phomopsis destruens 53
Phylogenetic analysis 206
Pineapple 405
Pith necrosis 277
Plasmidic reference material 30
Potato 30
Powdery mildew 261
Pseudomonas viridiflava 277
Purple cauliflower 127
Real-time PCR 30
Resistance genes 17
Resistance of bacterial blight 69
Resistant gene 91
Rice bacterial foot rot 217
Rice straw 102
Rice 69, 91, 102, 172, 217, 347
RT-PCR detection 206
Salinity tolerance 172
Salt tolerance 347
Serological detection 206
Simple sequence repeat 419
Slide-mounted specimens 349
Sodium bicarbonate extractable phosphorus 327
Soil properties 102
Storage after post-harvest 135
Strategy layout 83
Stunting disease 285
Sweet potato (*Ipomoea batatas*) 53
Sweet potato 135
Tainung No. 1 127
Taiwan 405
Taiwan Agricultural Research Institute (TARI) 349
Taxonomy 1
Territorial competitiveness 295
Tobamovirus 108
Tolerance 373

Tomato 277
Tomato mosaic virus 108
Transcriptome 69
Tuberous root quality 135
Yield 145
Zizania latifolia 285

台灣農業研究　評閱者名單

第 65 卷 (2016)

尤進欽
國立宜蘭大學園藝學系

王强生
國立中興大學農藝學系

王智立
國立中興大學植物病理學系

古明萱
國立屏東科技大學農園生產學系

古新梅
國立中興大學農藝學系

安寶貞
農業試驗所植物病理組

吳文哲
國立台灣大學昆蟲學系暨研究所

吳文鑾
國立成功大學生命科學系

吳明哲
農業試驗所生物技術組

呂椿棠
農業試驗所作物組

杜宜殷
國立台灣大學園藝暨景觀學系

林子凱
農業試驗所作物組

林正亮
國立嘉義大學生物機電工程學系暨研究所

林宗俊
農業試驗所植物病理組

林宜賢
國立屏東科技大學植物醫學系

林彥蓉
國立台灣大學農藝學系暨研究所

林彩雲
國立清華大學生命科學系

林聖泉
國立中興大學生物產業機電工程學系

邱一中
農業試驗所應用動物組

柯文雄
國立中興大學植物病理學系

柯俊成
國立台灣大學昆蟲學系暨研究所

段淑人
國立中興大學昆蟲學系

洪傳揚
國立台灣大學農業化學系

胡仲祺
國立中興大學生物科技學研究所

徐善德
國立嘉義大學園藝學系暨研究所

高景輝
國立台灣大學農藝學系

高靜華
農業試驗所應用動物組

張念台
國立屏東科技大學植物醫學系

張哲瑋
農業試驗所嘉義分所園藝系

張素貞
苗栗區農業改良場

曹幸之
國立台灣大學園藝暨景觀學系

莊益源
國立中興大學昆蟲學系

莊愷瑋
國立嘉義大學農藝學系

許如君
國立台灣大學昆蟲學系暨研究所

郭美華
國立中興大學昆蟲學系

陳仁炫
國立中興大學土壤環境科學系

陳良築
國立中興大學分子生物學研究所

陳宗祺
亞洲大學生物科技學系

陳健忠
農業試驗所應用動物組

陳凱儀
國立台灣大學農藝學系暨研究所

陳瑞祥
國立嘉義大學生化科技學系暨研究所

陳麗如
中國文化大學園藝暨生物技術學系

彭克仲
國立屏東科技大學農企業管理系

彭金騰
農業試驗所植物病理組

黃文理
國立嘉義大學農藝學系暨研究所

黃振文
國立中興大學植物病理學系

黃晉興
農業試驗所植物病理組

楊正澤
國立中興大學昆蟲學系

楊恩誠
國立台灣大學昆蟲學系暨研究所

萬一怒
國立中興大學生物產業機電工程學系

董致韡
國立台灣大學農藝學系暨研究所

鄒裕民
國立中興大學土壤環境科學系

蔡文錫
國立嘉義大學植物醫學系

蔡必焜
國立中興大學生物產業管理研究所

蔡志濃
農業試驗所植物病理組

鄭安秀
台南區農業改良場

鄭明倫
國立自然科學博物館生物學組

鄭秋萍
國立台灣大學植物科學研究所

賴明信
農業試驗所作物組

謝廷芳
農業試驗所花卉研究中心

鍾文鑫
國立中興大學植物病理學系

鍾嘉綾
國立台灣大學植物病理與微生物學系

關政平
農業試驗所生物技術組

蘇宗宏
國立中興大學昆蟲學系

Reviewers, Journal of Taiwan Agricultural Research
Volume 65, 2016

Ann, Pao-Jen
Division of Plant Pathology, Taiwan Agricultural Research Institute

Chang, Jer-Way
Department of Horticulture, Chia-Yi Agricultural Experiment Branch

Chang, Niann-Tai
Department of Plant Medicine, National Pingtung University of Science and Technology

Chang, Su-Jein
Miaoli District Agricultural Research and Extension Station

Chen, Chien-Chung
Division of Applied Zoology, Taiwan Agricultural Research Institute

Chen, Jen-Hshuan
Department of Soil and Environmental Sciences, National Chung Hsing University

Chen, Kai-Yi
Department of Agronomy, National Taiwan University

Chen, Li-Ru
Department of Horticulture, Chinese Culture University

Chen, Liang-Jwu
Graduate Institute of Molecular Biology, National Chung Hsing University

Chen, Tsung-Chi
Department of Biological Science and Technology, Asia University

Chen, Ruey-Shyang
Department of Biochemical Science & Technology, National Chiayi University

Cheng, Ann-hsiou
Tainan Distract Agricultural Research and Extension Station

Cheng, Chiu-Ping
Institute of Plant Biology, National Taiwan University

Chiu, Yi-Chung
Division of Applied Zoology, Taiwan Agricultural Research Institute

Chung, Chai-Lin
Department of Plant and Microbiology, National Taiwan University

Chung, Wen-Hsin
Department of Plant Pathology, National Chung Hsing University

Chung, Yi-Yu
Department of Entomology, National Chung Hsing University

Do, Yi-Yin
Department of Horticulture and Landscape Architecture, National Taiwan University

Guu, Ming-Shaiun
Department of Plant Industry, National Pingtung University of Science and Technology

Hong, Chwan-Yang
Department of Agricultural Chemistry, National Taiwan University

Hsieh, Ting-Fang
Floriculture Research Center, Taiwan Agricultural Research Institute

Hsu, Ju-Chun.
Department & Graduate Institute of Entomology, National Taiwan University

Hsu, Shan-Te
Department of Horticulture, National Chiayi University

Hu, Chung-Chi
Graduate Institute of Biochemical, National Chung Hsing University

Huang, Jenn-Wen
Department of Plant Pathology, National Chung Hsing University

Huang, Jin-Hsing
Division of Plant Pathology, Taiwan Agricultural Research Institute

Huang, Wen-Lii
Department of Agronomy, National Chiayi University

Jeng, Ming-Luen
Department of Biology, National Museum of Natural Science

Juang, Kai-Wei
Department of Agronomy, National Chiayi University

Kao, Ching-Hua
Division of Applied Zoology, Taiwan Agricultural Research Institute

Kao, Ching-Huei
Department of Agronomy, National Taiwan University

Ko, Chiun-Cheng
Department & Graduate Institute of Entomology, National Taiwan University

Ko, Wen-Hsiung
Department of Plant Pathology, National Chung Hsing University

Ku, Hsin-Mei
Department of Agronomy, National Chung Hsing University

Kuan, Cheng-Ping
Division of Biotechnology, Taiwan Agricultural Research Institute

Kuo, Mei-Hwa
Department of Entomology, National Chung Hsing University

Lai, Ming-Hsin
Department of Crop, Taiwan Agricultural Research Institute

Lin, Jeng-Liang
Department of Biomechatronic Engineering, National Chiayi University

Lin, Tsai-Yun
Department of Life Sciences, National Tsing Hua University

Lin, Tshen-Chan
Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Chung Hsing University

Lin, Tsu-Kai
Department of Crop, Taiwan Agricultural Research Institute

Lin, Tsung-Chun
Division of Plant Pathology, Taiwan Agricultural Research Institute

Lin, Yann-Rong
Department of Agronomy, National Taiwan University

Lu, Chun-Tang
Department of Crop, Taiwan Agricultural Research Institute

Peng, Jin-Torng
Division of Plant Pathology, Taiwan Agricultural Research Institute

Peng, Ke-Chung
Department of Agribusiness Management, National Pingtung University of Science and Technology

Su, Tsong-Hong
Department of Entomology, National Chung Hsing University

Tsai, Bi-Kun
Graduate Institute of Bio-Industry Management, National Chung Hsing University

Tsai, Jyh-Nong
Division of Plant Pathology, Taiwan Agricultural Research Institute

Tsai, Wen-Shi
Department of Plant Medicine, National Chiayi University

Tsao, Shing-jy
Department of Horticulture and Landscape Architecture, National Taiwan University

Tuan, Shu-Jen
Department of Entomology, National Chung Hsing University

Tung, Chih-Wei
Department of Agronomy, National Taiwan University

Tzou, Yu-Min
Department of Soil and Environmental Sciences, National Chung Hsing University

Wan, Ye-Nu
Department of Bio-industrial Mechatronics Engineering, National Chung Hsing University

Wang, Chan-Sen
Department of Agronomy, National Chung Hsing University

Wang, Chih-Li
Department of Plant Pathology, National Chung Hsing University

Wu, Min-Tze
Division of Biotechnology, Taiwan Agricultural Research Institute

Wu, Wen-Jer
Department & Graduate Institute of Entomology, National Taiwan University

Wu, Wen-luan
Department of life Sciences, National Cheng Kung University

Yang, En-Cheng
Department & Graduate Institute of Entomology, National Taiwan University

Yang, Jeng-Tze
Department of Entomology, National Chung Hsing University

Yi-Hsien Lin
Department of Plant Medicine, National Pingtung University of Science and Technology

Yiu, Jinn-Chin
Department of Horticufture, National Ilan University

「台灣農業研究」稿約

一、 本刊為行政院農業委員會農業試驗所發行之學術性期刊 (季刊)，刊登國內、外農業試驗研究相關之研究稿件：

專題論述：由本所期刊編審會或總編輯邀請專家撰寫。

研究報告：關於農業科學未曾發表之研究報告，按題目、作者、摘要、前言、材料與方法、結果、討論、結論 (一般略去，或併入討論)、誌謝 (可略去)、引用文獻等依序撰寫，表與圖附於其後，全文以不超過10印刷頁為原則。其中，‘結果’ 與 ‘討論’ 如有必要，可合併成‘結果與討論’。

研究簡報：關於農業科學未曾發表之簡短原始研究報告，不須分章節撰寫 (亦可參照研究報告次序)，但須附中英文摘要，全文以不超過4印刷頁為原則。

二、 稿件應以中文或英文撰寫，以文書軟體MS WORD®格式儲存成檔案 (檔案類型以Word 97-2003或以上版本文件為佳)。文稿以A4大小 (長29.6公分，寬21公分) 兩倍行高 (double space) 繕打，加行號，12號字體，左邊對齊，版面應預留上下3公分，左右2公分之空間，並自第二頁起在右下角以阿拉伯數字註明頁數。撰寫時，中文以細明體、英文以Times New Roman字體打字；英文字距及句距皆一字節。

三、 投稿者在本刊線上投審系統首頁點選‘投稿者區域’，在一般稿件提交區點選‘作者提交新稿件’進入，確認及點選稿件已依照稿約撰寫無誤後，下一步即填寫稿件資料，務請填寫封面信函，再依序填寫作者資料、上傳檔案及確認提交。

四、 稿件格式：

題　　目：宜簡短，能充分反應文旨，並附簡題 (Running title) (中文12字；英文6字以內為原則)。英文題目除介系詞、連接詞等字外，每字第一字母應大寫。報告如有機關所屬編號，請列於誌謝。

作　　者：作者姓名置中，作者二人或二人以上時，以中文一全形空格間隔之；英文姓名則名在前姓氏在後，作者二人或二人以上時，以 “ , ” 相隔，最後一人前加 “and” 字樣，其表示方法如Chen-Seng Huang, Chen-Chang Chen, and Chyr-Guan Chen。每一作者須附小註，以說明所屬機關單位與職稱，通訊作者附予星號“ * ”，並須附電子郵件信箱。題目與作者同置第一頁。

摘　　要：不分段落、宜簡潔明確。摘要之前應加作者、年代、題目、期刊、及卷期，摘要之後應附關鍵詞 (Key words)，關鍵詞不超過五個，每個英文關鍵詞第一字母應大寫。摘要以不超過五百字為原則。以中 (英) 文發表者須附英 (中) 文摘要，置於本文之後，且內容須與中 (英) 文摘要相符，並附通訊作者、作者之小註。

本　　文：依序為前言 (INTRODUCTION)、材料與方法 (MATERIALS AND METHODS)、結果 (RESULTS)、討論 (DISCUSSION)、結論 (CONCLUSIONS)、誌謝 (ACKNOWLEDGMENTS)、引用文獻 (REFERENCES)。除學名、專有名詞、化學式、數學公式、數字、度量衡單位及縮寫外，文句中不得中外文並用，需使用英 (外) 文以助明瞭時，須將英 (外) 文括號置於中文之後。材料與方法、結果兩部分如有必要須分段 (節)，每一段內並可再分小段，以助明瞭文稿內容。各段題目 (heading) 單行置於該段之前，小段題目 (subheading) 直接置於小段之首。如因結果繁複不易聯接討論，可合併成‘結果與討論 (RESULTS AND DISCUSSION)’。如有附錄，請置於引用文獻之前。

表　　格：

1. 每一表格應分別繕製，須以MS WORD®中 “表格” 工具製作，上方須有標題，以句點結尾，並按文中出現順序加上**表1. (Table 1.)**，**表2. (Table 2.)** 等冠號。
2. 中文稿之表格標題應中英文並列，冠號與表幅齊頭，表內項目及內容以英文書寫。英文標題及各欄英文細目，除第一字之第一字母大寫外，餘均小寫。單位使用SI units (如 $g\ L^{-1}$、$Mg\ ha^{-1}$、$m\ s^{-1}$)，一律單數、英文字母。
3. 表格應加分析、簡化與歸納後始可列表。每一表格應在文中標示清楚，以便對照，且每一表格應單頁製作。
4. 表中內容如需說明，均須附加小註，以z, y, x, ...等縮小小寫字母置於右上角，並於表下依次敘述。表格僅列橫線。星號 “* (5%顯著性水準)”、“** (1%顯著性水準)” 保留統計顯著性使用。
5. 性質類同之圖與表，務請精簡與合併。

圖　　片：

1. 手繪圖版以黑色墨水於白色紙上分別繪製，掃描後存成JPG電子檔 (或JPEG電子檔) 上傳。如以電腦繪圖，力求清晰，亦存成JPG檔 (或JPEG檔) 上傳，或直接貼於本文之後。請勿使用MS Office內建軟體繪圖，建議使用專業繪圖軟體 (如Sigma Plot) 繪製。
2. 圖中所有標示應以英文書寫 (Arial字型) 或註明於標題之後小標一律以(A), (B), (C), ...編號，分類學則可以1, 2, 3, ...標示。
3. 照片以光面紙為原則，清晰度以縮小50%可判讀為宜。多幅照片儘量製成併版；如有特別指明，應加圈或箭頭表明。顯微照相，應加比例尺大小；照片大小以不超過版面 (25 cm × 18 cm) 為宜，掃描後存成JPG檔 (或JPEG檔) 上傳，解析度300 dpi或以上，並直接貼於本文之後。
4. 圖版及照片應有標題，並按文中出現的順序加上 **(圖1) (Fig. 1)**、**(圖2) (Fig. 2)** 等冠號，在文中須標示清楚，以便對照。中文稿標題應中英文併列，英文稿標題以英文書寫即可，力求明確。
5. 除併圖外，每一圖片應單頁製作。
6. 圖版及照片未達印製之解析度要求，文稿將不予刊登。

誌　　謝：不分段落，包括人物、經費來源、報告之機關賦予編號等。誌謝可略去。

引用文獻：

1. 列舉確實曾引用之文獻。文獻以登載於學術性期刊、書籍、研討會之文章及學位論文為限 (不含推廣報告)，如引用網路學術性報告，須加註瀏覽、下載日期及網址路徑。
2. 文中涉及引用文獻時，根據該文獻的作者與年代加以括號：如 (Sung 1991)、(Lo 1991, 1992)、(Chen & Ho 1983)、(Sung 1991; Hsu *et al*. 1992)，以年代先後為序置於引用文處。
3. 文獻一律以英文撰寫，以姓名字母為序。作者相同時以年代先後為序。
4. 文獻之書寫方法以期刊為例，依序為作者、年代、題目、期刊、卷數、頁數。在每卷每期之頁碼都從數字 1開始的期刊，才必須加上期數。
5. 期刊名須依該期刊公告之縮寫撰寫；如無者，請參照Biosciences Information Service (1992) 出版之 “Serial Sources for the BIOSIS Previews Database” 或依該學術領域之慣例撰寫。

6. 文獻書寫範例如下：

(1) 原中文報告引用文獻出自學術性期刊

Hsu, S. H., T. Y. Chung, T. C. Kuo, and S. F. Wang. 1992. Studies on the micro-climate of greenhouse. I. Light environment of greenhouse. J. Agric. China 157:34–43. (in Chinese with English abstract)

(2) 原中文報告引用文獻出自著作性書籍

Sung, J. M. 1991. Nitrogen Metabolism of Rice. Chinese Agronomy Press. Taipei. 100 pp. (in Chinese)

(3) 原中文報告引用文獻出自編輯性書籍

Yang, C. M. and C. Y. Lin. 2003. Studies on rice precision farming system. p.1–12. *in*: Rice Precision Farming System. (Yang, C. M. and C. Y. Lin, eds.) Taiwan Agric. Res. Inst. Pub. No. 105. Taichung, Taiwan. 252 pp. (in Chinese with English abstract)

(4) 原中文報告引用文獻出自研討會專刊

Chang, C. A. 2001. Application and extension of virus-free seedling for the control of virus diseases of passion fruit in Taiwan. p.31–38. *in*: Proceeding of Symposium on Application of Healthy Plant for Control of Plant Diseases. November 24, 2001. Taichung, Taiwan.Taiwan Phytopathol. Soc. Publ., Taichung. (in Chinese with English abstract)

(5) 原報告引用文獻出自特定網頁資料

Lehtomäki, A. 2006. Biogas production from energy crops and crop residues. Jyväskylä Stud. Biol. Environ. Sci. 163. Univ. of Jyväskylä, Jyväskylä, Finland. https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/13152/9513925595.pdf (visit on 12/16/2014)

五、 單位、縮寫格式、括號及統計分析

1.凡文中出現之數值，除非另有特別之意義，一律用阿拉伯數字書寫。數字在句首之英文稿，改以文字表示。單位則用國際公認標準符號 (SI units) 代替全文，各常用之縮寫單位參照說明如下：

(1) 長度：公里 (km)、公尺 (= 米) (m)、公分 (= 厘米) (cm)、公釐 (= 毫米) (mm)、微米 (μm)。

(2) 重量 (W)：公噸 (Mg)、公斤 (kg)、公克 (g)、毫克 (mg)、微克 (μg)。

(3) 容積 (V)：公升 (L)、公撮 (= 毫升) (mL)、微升 (μL)。

(4) 面積：公頃 (ha)、平方公尺 (m^2)、平方公分 (cm^2)。

(5) 溫度：攝氏 (℃)、絕對溫度 (K，但須加以說明)。

(6) 時間：日 (天) (d)、時 (h)、分 (min)、秒 (s)。

(7) 濃度：莫耳 (M)、千分之一莫耳 (mM)、當量 (N)、千分之一當量 (mN)。

(8) 重力加速度：*g*。

(9) 分子量：kDa。

(10) 肥料三要素：如以肥料種類N-P_2O_5-K_2O，如以元素N-P-K。

2.其他之縮寫：平均 (*avg.*)、大約 (*ca.*)、直徑 (diam.)。

3.括號：括號字型全以半形 ( )，括號前後各空一格。

4.統計分析：達顯著性水準以*、**或處理間顯著差異區分，以a、b、c、…表示者均應加註顯著機率值P (例如$P < 0.01$)；各統計量請採慣用符號，例如相關係數 (r) 、決定係數 (R^2)、變異係數 (cv)、標準差 (sd)、平均值標準差 (se) 等。

5.其他問題：

(1) 單位與其前面數值之間應空一格，如220 g。

(2) 數學運算符號與其前後數值之間應各空一格，如P = 0.014、23.6 ± 3.0、15 × 2。

(3) 在 ±、× 或to的前後兩數值若是含有單位，請用23.6% ± 3.0%、15 cm × 2 cm、20℃ to 30℃ (即勿省略前面數值之單位)。

(4) 數值起迄符號用– (半型破折號；EN Dash)，勿用 ~ 或 -，且與前後兩數值之間無須留空格，如3–6、2005–2007年、7月20–25日。

(5) 年代一律用西元。

(6) 濃度與容量單位使用mg L^{-1} (勿用ppm)。

(7) 轉速單位使用× g (勿用rpm)。

六、 其他注意事項

1. 本刊採網路線上投審，來稿請至本刊線上投審系統網址 (http://aspers.airiti.com/JTAR) 進行投稿作業，投稿前務請詳閱稿約及投稿須知，並可參閱最新一期報告。
2. 生物學名以斜體字表示，屬名第一字母大寫。學名於摘要、本文、每一圖表中第一次出現時，須寫全名，如*Citrus sinensis*；第二次出現時，屬名保留第一字母後加句點 “.”，種名全寫，如*C. sinensis*。生物學名於本文中首次出現時應加註命名者，如*Oryza sativa* L.。
3. 中文稿件中，外文名詞應儘量翻譯成中文，若是不常見名詞應於文中第一次出現時以括號標出原文。摘要及本文中，英文縮寫於第一次出現時，須附全名。圖版及照片如有英文縮寫，應於標題中附全名，表格內之英文縮寫，須於小註附全名。
4. 農作物品種名須加上單引號，中文用「」(如水稻「台稉9號」、木瓜「台農2號」)，英文用‘’ (如rice ‘TK9’, papaya ‘TNG2’)。

七、 投稿方式

1. 稿件內容務須依照上列規定格式書寫及線上投稿，本期刊編審會保有修改與退稿之權利。文稿經本期刊接受後，由作者負責前二校。除筆誤與錯字外，作者在校稿時，不得擅自更改內容與數據。
2. 投稿前請詳閱稿約及參見最一期刊登報告，投審稿件程序請上網參閱本期刊網址：http://aspers.airiti.com/JTAR。

八、 投稿本期刊之稿件，不得投稿其他刊物。稿件經本期刊接受後，刊登權屬發行單位農業試驗所所有，非經本所書面同意，不得轉載或移轉他處發表。本期刊具專屬版權，恕不受理一稿兩投之文章 (已刊載或投寄國內外有版權刊物之文章，請勿再投稿本刊)。若有上述情事除依相關法律處理責由作者自負外，本刊將列入紀錄永不受理其投稿。

九、 本刊以黑白印製為原則，彩圖經編審會同意得以彩色編印。本期刊彩圖編印收費標準調整如下表，由作者自行向廠商支付，未付清前稿件將不予刊登。

彩圖編印收費標準：

總張數	總價 (元)	計價公式
1	5,000	5,000 × 1
2	7,000	5,000 × 1 + 2,000 × 1
3	9,000	5,000 × 1 + 2,000 × 2
4	11,000	5,000 × 1 + 2,000 × 3
5	13,000	5,000 × 1 + 2,000 × 4
6 張以上	14,500 起	5,000 × 1 + 2,000 × 4 + 1,500 × (n – 5)

十、 其他未盡事宜本期刊得隨時修正或補充。

Instructions to Authors

Journal of Taiwan Agricultural Research (revised on 1 November 2016)

General Information

The *Journal of Taiwan Agricultural Research* (JTAR) is published four issues annually by the Taiwan Agricultural Research Institute (TARI). Researchers and scientists willing to make the contribution in the fields of agricultural development by publishing their full papers of original research, reviews, or short communications in the Journal are highly welcome and appreciated. Research staff affiliated with TARI is not a requirement for publishing in JTAR. All manuscripts should be submitted online at the Journal's website, http://aspers.airiti.com/JTAR. Follow its instructions. Submissions to JTAR must not simultaneously submit to any other scientific or technical journal.

Scope

After critical review and approval by the editorial board, JTAR publishes articles in plant science; biotechnology; agricultural chemistry; plant protection; agricultural engineering; agricultural economics and extension; industrial strategic management; biostatistics; and bioinformatics. Articles reporting experimentation or research findings in these fields will be peer-reviewed as research articles. Short articles (no more than 4 printed pages) concerned with experimental techniques, results, or unique phenomena will be peer-reviewed as short communications. Review articles will be under invitation by the editorial board of JTAR.

Style

See the latest issue of JTAR for style and layout. General rules are as follows:

- All abbreviations should be defined at the first mention and in tables and figures, and be used throughout the entire article.
- The Latin names of organisms (e.g., plants, pathogens, insects and pests) must always list when appeared at first appearance (in Abstract or text). Give the complete binomial and authorities.
- At first listing both the common and chemical names of pesticides must be given.
- SI units must be used in the manuscript.
- Use the 24-h time system (e.g., 0200 and 1400) and abbreviate dates such as 3 October 2015 or 10/03/2015.
- Except when used with units, spell out numbers one through nine. Put commas for the decimal separator (e.g., 1,356,078 and 6,078) and place a zero before the decimal point (e.g., 0.6078 and 0.078).

Preparation of Manuscript Files

All submitted manuscript files should write in Chinese or English and save it in Microsoft Word 97-2003 or later versions (.doc files or .docx files). Other word processing software is not accepted. High-resolution figure files may be included in manuscript and submitted separately in forms of .jpg files

or .doc files or .docx files, one figure per file. Do not use word processing features such as automated bulleting and numbering, head and subhead formatting, or internal linking. Text should be typed in A4 size (29.6 cm long, 21 cm wide) in double-spaced and be numbered and aligned to the left side, while tables use single-spaced. Only one font and size (font no. 12) is used. Provide the document with an upper and lower margin of 3 cm and a left and right margin of 2 cm. Starting from the second page, indicate the page number on the lower right corner. When typing the manuscript, use the font of MingLiu (細明體) for Chinese and Times New Roman for English. Leave a single space between each English word and sentence. The author submitting the manuscript should click on “Authors” on the front page of Journal’s Online Submission and Review System. Under “Author” page, click “Submit a new manuscript”. Confirm submission checklist and then complete the information related to the manuscript including a cover letter.

Follow the sequence and instructions to fill out and upload the information. JTAR adopts a double-blind review for all submitted manuscripts. Reviewers will be able to download the submitted files that authors upload to the system. There are three main types of articles published by JTAR, i.e., “Reviews”, “Research Articles”, and “Short Communications”.

Reviews. A review article is invited by editor-in-chief of JTAR and will be reviewed and revised to assure an appropriate style and content.

Research Articles. Write a research article according to the mentioned scope in the following sequence: title, author(s), abstract, and text. Attach tables, figure captions, and figures at the end of text. In general, each manuscript should not exceed 10 printed pages.

Short Communications. An article that has a size less than 4 printed pages concerned with experimental techniques, results, or unique phenomena may be published as a short communication when accepted.

Title. A title highlights the subject and purpose of the article briefly but clearly. Use common names of crops, avoid abbreviations, and limit words where possible. Except prepositions and connectives, capitalize each word in the English title. Write down the suggested running title, with no more than twelve Chinese characters or six English words, in the next sentence.

Author. List names of all authors below the title and place an asterisk after the corresponding author. The next sentence lists professional titles, institutions and complete addresses of all authors. Provide e-mail address of the corresponding author. Place title and author(s) on the same page.

Abstract. Each article has a single self-contained paragraph, containing the rationale, objectives, methods, results, and their meaning or scope of application specifically. Identify the important details to interpret the results but try not to exceed five hundred words. Do not cite references and avoid equations. In the next sentence, include no more than five key words and capitalize the first letter of each word. If the manuscript written in Chinese (English), place English (Chinese) abstract after the main text of the manuscript.

Text. The text includes the following sections in sequence: INTRODUCTION, MATERIALS AND METHODS, RESULTS, DISCUSSION, CONCLUSIONS (optional), ACKNOWLEDGMENTS (may be omitted), and REFERENCES. If required, combine the results and discussion section into “RESULTS AND DISCUSSION”, and incorporate the conclusions into the discussion. If there is an appendix, place

it before the references. Except necessary, do not mix English with other languages. If required, place headings and subheadings at the head of paragraphs of the sections MATERIALS AND METHODS and RESULTS.

Tables. Prepare tables with the tables feature of MS WORD®; do not use tab keys, space bars, or graphics boxes. Number tables consecutively with one table per page. Place tables at the end of text. Each datum needs to be contained in a defined cell. Table heads should be complete and self-contained but brief. All variables should be defined and abbreviations be spelled out in table footnotes. Follow the order of z, y, x, w, v, u, …. The *, **, and *** are used only to show statistical significance at the 0.05, 0.01, and 0.001 probability levels, respectively. Lack of significance indicates as NS. Asterisks or letters next to values indicate statistical significance and should align them in the same cell as the value. All footnotes should be set on separate lines. Capitalize only the first word in a row of the body of a table with the exception of proper nouns. Use only SI units (e.g., $\mu g\ L^{-1}$, $Mg\ ha^{-1}$, and $m\ s^{-1}$) in the singular forms.

Figures. Provide clear contrast figures in high-resolution JPG files (≧ 300 dpi) and upload them on-line as individual files and attach them after tables; one figure one page. Keep relative sizes of symbols, letters, and numbers as the original should be larger than the intended final size. Use English for letters in Arial font. Explain curves or symbols in a legend within the figure. JTAR will publish figures in black and white. Color figures, images, photos or maps are subject to the agreement of the editorial board and fee must be paid before the manuscript is published in the journal. Photographs and drawings for graphs and charts should be prepared with good contrast of dark and light and no more than the size of 25 cm × 18 cm. Use English for figure captions and separate captions for figures. A caption should be concise but given in sufficient detail. Define the crop or soil involved, the major variables presented, the place and year, and the abbreviations and symbols used in the caption. Indicate the scale for illustrations.

Acknowledgments. If required, provide it in a single paragraph. List institutional sponsors, the institutional article number, and contribution acknowledgment.

References. The reference section lists published literature and unpublished reports, theses, and dissertations cited in the manuscripts. Alphabetize the list by the surnames of the first author, followed by the other authors. Cite unpublished data, personal communications, and reports in the text only (in parentheses). Give the authors, year, complete article title, abbreviated journal title, volume number, and inclusive pages for journal articles. Give the authors, year, chapter title, pages, complete book title, book editor, publisher, and place of publication for book chapters. Add also the place and date of the conference for proceedings. For electronic references and others, see the current issues of JTAR. Single author references precede multiple-author references for the same first author. Use chronological order for references with identical authorship. Add a lowercase letter (i.e., a, b, c, etc.) to the year to identify same-year or multiple-author references for text citation. Write the author and year of the cited references inside parentheses; for example, (Chen & Ho 1983; Sung 1991; Hsu *et al.* 1992). Refer to the "Serial Sources for the BIOSIS Previews Database" published by Biosciences Information Service (1992) for the abbreviations of an academic journal. Some reference examples:

- Reference from an academic journal written in Chinese:
  Hsu, S. H., T. Y. Chung, T. C. Kuo, and S. F. Wang. 1992. Studies on the micro-climate of greenhouse. I. Light environment of greenhouse. J. Agric. Res. China 157:34–43. (in Chinese with English abstract)
- Reference from a book written in Chinese:
  Sung, J. M. 1991. Nitrogen Metabolism of Rice. Chinese Agronomy Press. Taipei. 100 pp. (in Chinese)
- Reference from an edited book written in Chinese:
  Yang, C. M. and C. Y. Lin. 2003. Studies on rice precision farming system. p.1−12. *in*: Rice Precision Farming System. (Yang, C. M. and C. Y. Lin, eds.) Taiwan Agric. Res. Inst. Pub. No. 105. Taichung, Taiwan. 252 pp. (in Chinese with English abstract)
- Reference from a proceedings written in Chinese:
  Chang, C. A. 2001. Application and extension of virus-free seedling for the control of virus diseases of passion fruit in Taiwan. p.31−38. *in*: Proceeding of Symposium on Application of Healthy Plant for Control of Plant Diseases. Taichung, Taiwan. November 24, 2001. Taiwan Phytopathol. Soc. Publ., Taichung. (in Chinese with English abstract)
- Reference from a website:
  Lehtomäki, A. 2006. Biogas production from energy crops and crop residues. Jyväskylä Stud. Biol. Environ. Sci. 163. Univ. of Jyväskylä, Jyväskylä, Finland. https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/13152/9513925595.pdf (visit on 12/16/2014)

Units, Abbreviations, and Statistical Analysis

Use the SI system (Systéme International de Unités) in JTAR. Some commonly used abbreviated units:

- Length: kilometers (km), meter (m), centimeter (cm), millimeter (mm), micrometer (μm)
- Weight (W): ton (Mg), kilogram (kg), gram (g), milligram (mg), microgram (μg)
- Volume (V): litre (L), millilitre (mL), microlitre (μL)
- Surface: hectare (ha), square meter (m^2)
- Temperature: Celsius (℃), absolute temperature (K, but must be indicated)
- Time: day (d), hour (h), minute (min), second (s)
- Concentration: mole (M), millimole (mM), normal (N), millinormal (mN)
- Gravitational acceleration: *g*
- Molecular weight: kDa
- Three macronutrients in fertilizers: element─N-P-K ; equaivalent quantity─N-P_2O_5-K_2O

  Other abbreviations:
- Average: *avg*.
- Approximate: *ca*.
- Diameter: diam.
- Concentration: e.g. mg L^{-1}.
- Frequency of a rotation: × *g*.

Statistical analysis. Manuscripts should contain enough details of experimental design so that the results can be judged for validity and repeatability. The symbols * and ** are used to show differences in statistical significance. Add *P* value (e.g. $P < 0.01$) when a, b, c, ... are used to classify statistical significance. Examples of commonly used symbols: *r* for correlation coefficient, R^2 for coefficient of determination, cv for coefficient of variation, sd for standard deviation, and se for standard error.

Accepted Manuscripts

When a submitted manuscript is accepted, corresponding author will receive notification from an editor or editor-in-chief, and the accepted files will be used for press. Authors are responsible for obtaining all permissions for use of materials in the manuscripts from other publishers and should notify the editor at the time the manuscript is accepted. JTAR reserves the right to publish and republish any parts submitted with a manuscript.

Plagiarism

Manuscripts may be screened for plagiarism upon submission. If there appears significant duplicate content with other sources, the manuscript will be forwarded to the journal editor for evaluation and action.

Editorial Board

Editor-in-Chief

Yang, Chwen-Ming
Division of Crop Science, Taiwan Agricultural Research Institute

Editors

Ann, Pao-Jen
Division of Plant Pathology, Taiwan Agricultural Research Institute

Chen, Chi-Chung
Department of Applied Economics, National Chung Hsing University

Chen, Chien-Chung
Division of Applied Zoology, Taiwan Agricultural Research Institute

Chen, Chiling
Division of Agricultural Chemistry, Taiwan Agricultural Research Institute

Chen, Chung-Li
Department of Agronomy, National Chung Hsing University

Chen, Fure-Chyi
Department of Plant Industry, National Pingtung University of Science and Technology

Chen, Suming
Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Taiwan University

Chien, Li-Hsien
Department of Applied Economics, National Chung Hsing University

Guo, Horng-Yuh
Division of Agricultural Chemistry, Taiwan Agricultural Research Institute

Hou, Feng-Nan
Department of Entomology, National Chung Hsing University

Huang, Jenn-Wen
Department of Plant Phathology, National Chung Hsing University

Huang, Chao-Chia
Division of Crop Science, Taiwan Agricultural Research Institute

Huang, Pung-Ling
Department of Horticulture & Landscape Architecture, National Taiwan University

Kao, Ching Huei
Department of Agronomy, National Taiwan University

Ko, Wen-Hsiung
Department of Plant Pathology, National Chung Hsing University

Lu, Hsiu-Ying
Miaoli District Agricultural Research and Extension Station

Ou, Shyi-Kuan
Division of Crop Science, Taiwan Agricultural Research Institute

Shen, Yuan
Department of Soil & Environmental Sciences, National Chung Hsing University

Su, Jeng-De
Department of Food Science, Tunghai University

Tsay, Hsin-Sheng
Graduate Institute of Biochemical Sci. & Technol., Chaoyang University of Technology

Tsay, Jyh-Rong
Taiwan Agricultural Research Institute

Tseng, Menq-Jiau
Department of Horticulture, National Chung Hsing University

Wang, Chan-Sen
Department of Agronomy, National Chung Hsing University

Wu, Hung-Pan
Institute of Plant & Microbial Biology, Academia Sinica

Editorial Assistants

Chen, Siang-Jiun
Editorial Office of Journal of Taiwan Agricultural Research

Wang, Li-Jung
Editorial Office of Journal of Taiwan Agricultural Research

Wu, Yi-Yan
Division of Technical Service, Taiwan Agricultural Research Institute

JOURNAL OF TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH

Vol. 65 No. 4 December 30, 2016

Published by Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture

Publisher	Junne-Jih Chen
Editor-in-Chief	Chwen-Ming Yang
Address	No.189, Zhongzheng Rd., Wufeng Dist., Taichung City 41362, Taiwan, ROC
Website	http://www.tari.gov.tw; E-mail: jtar@tari.gov.tw; Tel: +886-4-2331-7236
Submission	http://aspers.airiti.com/JTAR
Press	Airiti Press Inc.
Address	18F., No.80, Sec.1, Chenggong Rd., Yonghe Dist., New Taipei City 23452, Taiwan, ROC
Tel	+886-2-2926-6006
E-mail	press@airiti.com
Price	NT$ 175 (per copy)
Distributor	1. GB Books / 1F., No.209, Songjiang Rd., Taipei City 10485, Taiwan, ROC GB Website: http://www.govbooks.com.tw; Tel: +886-2-2518-0207 2. Wunan Books / No.6, Zhongshan Rd., Taichung City 40042, Taiwan, ROC Tel: +886-4-2226-0330